

**UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS**

**FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y ELÉCTRICA**

**UNIDAD DE POST-GRADO**

**Análisis y Modelamiento de las Técnicas de Canal de  
Retorno e Interactividad para el Estándar de Televisión  
Digital Terrestre ISDB-T**

**TESIS**

para optar el Grado Académico de Magíster en Telecomunicaciones

**AUTOR:**

**Ronald Paucar Curasma**

**ASESOR:**

**José Luis Muñoz Meza**

**Lima – Perú**

**2010**

*A mi hija Valeria Alexandra Paucar,  
por los bellos momentos,  
compartidos.*

## **Agradecimientos**

Deseo expresar mi agradecimiento al Ingeniero Modesto Tomás Palma García, Director Ejecutivo del INICTEL-UNI y al Ingeniero Daniel Díaz Ataucuri, Director de Investigación y Desarrollo Tecnológico del INICTEL-UNI, quienes me dieron la oportunidad de desarrollar la presente Tesis en los laboratorios del Área de Aplicaciones Telemáticas-AAT y el Área de Tecnologías de Acceso y Radiopropagación-ATAR. En general a todo el personal del INICTEL-UNI, por el apoyo y confianza que han hecho posible el desarrollo de esta Tesis.

A mi asesor, el Ingeniero José Luis Muñoz Meza, docente de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos-UNMSM, por su apoyo y consejos durante la ejecución de la tesis. En general a todos mis profesores por mi formación académica durante mis años de estudio.

A mi madre Amacia y hermanos por su amor, confianza y constante apoyo. Asimismo a todos mis familiares que de una u otra manera han cooperado mediante su confianza y comprensión en mi persona.

Un agradecimiento muy especial al CONCYTEC, que fue soporte para este trabajo dentro del programa becas de postgrado en universidades peruanas, por la subvención recibida para el desarrollo de esta tesis.

# Resumen

Una de las características principales de la televisión digital terrestre, es la interactividad; la cual permite desarrollar diferentes modelos de negocios, tales como *T-Learning*, *T-Voting*, *T-Commerce*, *T-Government*, etc., donde la comunicación entre el elemento emisor y el telespectador requiere de una red de comunicaciones que implemente el denominado canal de retorno. Para identificar las potencialidades y beneficios que traería de esta nueva facilidad se hace necesario evaluar y entender las características y el comportamiento del canal de retorno, así como determinar las condiciones que deben cumplir de manera tal que se pueda hacer uso efectivo de la interacción emisor-telespectador. En el presente trabajo se revisan estos aspectos y se procede a modelar el canal de retorno tomando en consideración las características geográficas y de mercado en el ámbito de nuestro país. Para ello, se ha desarrollado una aplicación interactiva de tipo *T-Voting* que permita identificar los parámetros que describen el comportamiento del tráfico que deben transportarse en el canal, habiéndose realizado pruebas de funcionamiento sobre el Internet y en un enlace inalámbrico de tipo WiMAX. Asimismo se realizaron simulaciones empleando el software *network simulator 2* (NS-2), de manera tal que representase escenarios interactivos representativos del caso peruano, concretamente WiFi 802.11+ADSL. Para la simulación se consideró una comunidad de Lima, Santa Clara-Ate, caracterizada por presentar escasa infraestructura de telecomunicaciones. Los flujos de datos generados para esta simulación fueron caracterizados por *Pareto* para *T-Voting* y CBR para VoIP. Como resultados de las simulaciones se generaron estadísticas correspondientes a los indicadores de Calidad de Servicio (rendimiento, retardo, variación de retardo y porcentaje de bloqueo o pérdida de paquetes) para los flujos generados.

Para las pruebas se utilizó un *Set Top Box* con soporte del middleware Ginga-NCL.

**Palabras Clave:** TdT, ISDB-T, *middleware*, Ginga-NCL, NCL, Lua, interactividad, QoS, NS-2, telespectador, PCR, SAI, RTDI, PTdT.

# Lista de Figuras

|   |    |
|---|----|
| Figura 2.1 – Transmisión analógica y la digital.....                                | 31 |
| Figura 2.2 – Diferencia entre receptor analógica y digital.....                     | 33 |
| Figura 2.3 – Bloque funcional de un Sistema Televisión Digital ISDB-T.....          | 34 |
| Figura 2.4 – Países que adoptaron el ISDB-T en el mundo.....                        | 35 |
| Figura 2.5 – Sistema Televisión Digital Terrestre – ISDB-T.....                     | 35 |
| Figura 2.6 – Interactividad local.....  | 40 |
| Figura 2.7 – Interactividad con canal de retorno.....                               | 41 |
| Figura 2.8 – Middlewares para TdT.....  | 42 |
| Figura 2.9 – Arquitectura del middleware Ginga.....                                 | 43 |
| Figura 3.1 – Canal de retorno para TdT.....   | 50 |
| Figura 3.2 – Evolución de la Telefonía fija.....                                    | 52 |
| Figura 3.3 – Conexión Dial Up a internet utilizando la línea de Telefonía fija..... | 52 |
| Figura 3.4 – Topología básica de RDSI.....  | 54 |
| Figura 3.5 – Evolución de acceso a Internet (conexiones fijas).....                 | 56 |
| Figura 3.6 – Evolución del número de conexiones ADSL por velocidad.....             | 57 |
| Figura 3.7 – Topologías básica de la tecnología ADSL.....                           | 58 |
| Figura 3.8 – Evolución de abonados de CATV según ámbito geográfico.....             | 59 |
| Figura 3.9 – Evolución de la CATV.....  | 59 |
| Figura 3.10 – Topología de red CATV con DOCSIS.....                                 | 60 |
| Figura 3.11 – Mapa WiFi en Lima Metropolitana.....                                  | 61 |
| Figura 3.12 – Topología Ad Hoc.....   | 62 |
| Figura 3.13 – Topología Access Point.....   | 63 |
| Figura 3.14 – Lista de Access Point en la Comunidad Santa Clara-Ate.....            | 64 |

|   |    |
|---|----|
| Figura 3.15 – Distribución de Líneas Móviles en Servicio por Departamento.....                          | 65 |
| Figura 3.16 – Evolución del servicio móvil.....   | 66 |
| Figura 3.17 – Evolución de la Banda Ancha Móvil.....  | 67 |
| Figura 3.18 – Topología de una red celular.....   | 68 |
| Figura 3.19 – Red Power Line Communication-PLC.....   | 69 |
| Figura 3.20 – Red interactiva propuesta por Amoide.....   | 70 |
| Figura 3.21 – Red interactiva propuesta por Carvalho.....   | 71 |
| Figura 3.22 – Red interactiva propuesta por Margalho.....   | 72 |
| Figura 3.23 – Red interactiva propuesta por Verónica.....   | 72 |
| Figura 3.24 – Disponibilidad de servicios de Internet.....  | 74 |
| Figura 4.1 – Arquitectura de red de Canal de Retorno para la TdT.....                                   | 82 |
| Figura 4.2 – Sistema de Transporte MPEG-2.....  | 84 |
| Figura 4.3 – ES ( <i>Elementary Stream</i> ) y paquete PES ( <i>Packetized Elementary Stream</i> )..... | 85 |
| Figura 4.4 – Codificador y Multiplexor.....   | 85 |
| Figura 4.5 – Re-Multiplexor.....  | 89 |
| Figura 4.6 – Formato del paquete TS.....  | 89 |
| Figura 4.7 – Proceso de envío de archivos y/o directorios (carrusel de datos).....                      | 92 |
| Figura 4.8 – Proceso de envío de archivos y/o directorios con error.....                                | 93 |
| Figura 4.9 – Nodo PCR.....  | 95 |
| Figura 4.10 – Telespectador con acceso a Internet.....  | 95 |
| Figura 4.11 – Interfaces del Se Top Box con soporte Ginga-NCL.....                                      | 97 |
| Figura 4.12 – SAI generando el paquete TS.....  | 98 |
| Figura 4.13 – Estructura de directorio del aplicación interactiva <i>T-Voting</i> .....                 | 98 |
| Figura 4.14 – Contenido del directorio lua.....   | 98 |
| Figura 4.15 – Contenido del directorio media.....   | 99 |

|  |     |
|--|-----|
| Figura 4.16 – Módulos generados de la Aplicación Interactiva <i>T-Voting</i> ..... | 100 |
| Figura 4.17 – Transmisión de módulos de manera secuencial.....                     | 101 |
| Figura 4.18 – Transmisión del módulo 1.....  | 102 |
| Figura 4.19 – Tablas PSI.....  | 103 |
| Figura 4.20 – Paquetes TS enviados.....  | 105 |
| Figura 5.1 – Diagrama de Casos de Uso.....   | 110 |
| Figura 5.2 – Diagrama de Secuencia.....  | 111 |
| Figura 5.3 – Pantalla de inicio de interactividad.....                             | 112 |
| Figura 5.4 – Pantalla de elección de opciones de voto.....                         | 113 |
| Figura 5.5 – Resultados de la encuesta.....  | 113 |
| Figura 5.6 – Operación <i>tcp.lua</i> .....  | 115 |
| Figura 5.7 – Conexión <i>Set Top Box</i> y Servidor.....                           | 116 |
| Figura 5.8 – Ambiente de laboratorio del IMCA-UNI.....                             | 117 |
| Figura 5.9 – Servidor ubicado en el INICTEL-UNI.....                               | 118 |
| Figura 5.10 – Pantalla de inicio de interactividad.....                            | 119 |
| Figura 5.11 – Pantalla de selección de hospitales.....                             | 120 |
| Figura 5.12 – Pantalla de opciones de voto (si, no, no opina).....                 | 120 |
| Figura 5.13 – Pantalla de resultados de votación.....                              | 121 |
| Figura 6.1 – Enlace inalámbrico INICTEL-UNI – IMCA.....                            | 125 |
| Figura 6.2 – Escenario interactivo con canal de retorno inalámbrico.....           | 126 |
| Figura 6.3 – Captura de paquetes en la PC STB Virtual.....                         | 127 |
| Figura 6.4 – Captura de paquetes en el servidor.....                               | 128 |
| Figura 6.5 – Captura de consulta de datos del servidor.....                        | 129 |
| Figura 6.6 – Tasa de transmisión para <i>T-Voting</i> .....                        | 129 |
| Figura 6.7 – Vista panorámica de la comunidad Santa Clara – Ate.....               | 131 |

|   |     |
|---|-----|
| Figura 6.8 – Topología del escenario interactivo WiFi/ADSL.....                       | 133 |
| Figura 6.9 – Topología del escenario interactivo WiFi/ADSL en NS-2.....               | 134 |
| Figura 6.10 – Gráfico en relación al Rendimiento.....                                 | 138 |
| Figura 6.11 – Gráfico en relación al Retardo.....                                     | 139 |
| Figura 6.12 – Gráfico en relación al porcentaje de pérdida de paquetes.....           | 140 |
| Figura 6.13 – Monitoreo de señales WiFi en los alrededores de Lima-Metropolitana..... | 142 |



# Lista de abreviaturas y siglas

|          |   |
|----------|---|
| AAC      | Advanced Audio Code                                 |
| ABNT     | Asociación Brasileña de Normas de Técnicas          |
| AC3      | Audio Code 3  |
| ADSL     | Asymmetric Digital Subscriber Line                  |
| AP       | Access Point  |
| ARIB     | Association of Radio Industries and Businesses      |
| ATSC     | Advanced Television Systems Committee               |
| BNC      | Bayonet Neill-Concelman                             |
| CATV     | Community Antenna Television                        |
| CBR      | Constraint Bit Rate                                 |
| CDMA     | Code Division Multiple Access                       |
| CRT      | Cathode Ray Tube                                    |
| DASE     | Digital Television Application Software Environment |
| DIFFSERV | Differentiated Service                              |
| DOCSIS   | Data Over Cable Service Interface Specification     |
| DSL      | Digital Subscriber Line                             |
| DSM-CC   | Digital Storage Media, Command and Control          |
| DVB      | Digital Vídeo Broadcasting                          |
| DVB-T    | Digital Vídeo Broadcasting Terrestrial              |
| EPG      | Eletronic Program Guide                             |
| FITEL    | Fondo de Inversión de Telecomunicaciones            |
| GPRS     | General Packet Radio Service                        |
| GSM      | Global System for Mobile Communication              |
| HDMI     | High-Definition Multimedia Interface                |
| HD       | High Definition                                     |
| HDSL     | High Data Rate Digital Subscriber Line              |
| HDTV     | High Definition Television                          |
| HFC      | Hybrid Fibre Coaxial                                |
| HTML     | HyperText Markup Language                           |
| IEEE     | Institute of Electrical and Electronic Engineers    |

|           |  |
|-----------|--|
| IETF      | Internet Engineering Task Force  |
| IMCA      | Instituto de Matemáticas de la UNI                                       |
| INICTEL   | Instituto Nacional de Investigación y Capacitación en Telecomunicaciones |
| INTSERV   | Integrated services  |
| IP        | Internet Protocol  |
| ISDB      | Integrated Service Digital Broadcasting                                  |
| ISDB-T    | Integrated Service Digital Broadcasting Terrestrial                      |
| ISP       | Internet Service Provider  |
| ITU-T     | International Telecommunications Union – Telecommunications              |
| LAN       | Local Area Network   |
| LCD       | Liquid Crystal Display   |
| LD        | Low Definition   |
| LUA       | Lenguaje de script para juegos   |
| MPEG-2 TS | Motion Picture Expert Group Transport Stream                             |
| MPEG      | Moving Picture Experts Group   |
| MTC       | Ministerio de Transporte y Comunicaciones                                |
| MySQL     | My Structured Query Language   |
| NAT       | Network Address Translation  |
| NCL       | Nested Context Language  |
| NS-2      | Network Simulator 2  |
| NTSC      | National Television System Committee                                     |
| OFDM      | Orthogonal Frequency Division  |
| OSI       | Open System Interconnection  |
| OSIPTEL   | Organismo Supervisor de la Inversión Privada en Telecomunicaciones       |
| PCR       | Proveedor de Canal de Retorno  |
| PHB       | Per Hop Behavior   |
| PHP       | Hypertext Preprocessor   |
| PLC       | Power Line Communications  |
| PSTN      | Public Switched Telephone Network  |
| PTdT      | Proveedor de Televisión Digital  |
| QoS       | Quality of Service   |
| RAAP      | Red Académica Peruana  |
| RTDI      | Receptor Televisión Digital Interactivo                                  |

|          |   |
|----------|---|
| RDSI     | Red Digital de Servicios Integrados               |
| RSVP     | ReSerVation Protocol                              |
| SAI      | Servidor de Aplicaciones Interactivas             |
| SD       | Standard Definition                               |
| SDSL     | Single Line Digital Subscriber Line               |
| SDTV     | Standard Definition Television                    |
| STB      | Set Top Box                                       |
| TCP/IP   | Transmission Control Protocol / Internet Protocol |
| TICs     | Tecnología de la Información y Comunicación       |
| ToS      | Type of Service                                   |
| TS       | Transport Stream                                  |
| TV       | Televisión  |
| T-VOTING | Votación por Televisión                           |
| UHF      | Ultra High Frequency                              |
| UNI      | Universidad Nacional de Ingeniería                |
| USB      | Universal Serial Bus                              |
| VDSL     | Very High Data Rate Digital Subscriber Line       |
| VHF      | Very High Frequency                               |
| VoIP     | Voice over IP                                     |
| Wi-Fi    | Wireless Fidelity                                 |
| WiMAX    | Worldwide Interoperability for Microwave Access   |

# Índice

|       |   |    |
|-------|---|----|
| I.    | Planteamiento de la Tesis.....                            | 21 |
| 1.1.  | Introducción .....  | 21 |
| 1.2.  | Antecedentes.....   | 23 |
| 1.3.  | Motivación.....   | 26 |
| 1.4.  | Objetivos de la Tesis.....                                | 27 |
| 1.5.  | Organización de la Tesis.....                             | 28 |
| II.   | Fundamentos del estándar ISDB-T e Interactividad.....     | 29 |
| 2.1   | Introducción.....   | 29 |
| 2.2   | Televisión Digital Terrestre.....                         | 30 |
| 2.2.1 | Tecnología analógica y digital para la televisión.....    | 31 |
| 2.3   | Estándar ISDB-T para la TdT.....                          | 33 |
| 2.4   | Interactividad en TdT.....                                | 38 |
| 2.4.1 | Formas de interactividad.....                             | 39 |
| 2.4.2 | Middleware Ginga.....                                     | 41 |
| 2.5   | Implementación del ISDB-T en el Perú.....                 | 45 |
| 2.6   | Conclusiones.....   | 47 |
| III.  | Tecnologías de conectividad para el canal de retorno..... | 48 |
| 3.1   | Introducción.....   | 48 |
| 3.2   | Red de Telefónica Pública Conmutada.....                  | 50 |
| 3.3   | Redes Digital de Servicios Integrados.....                | 53 |
| 3.4   | Línea de Abonado Digital Asimétrica.....                  | 54 |
| 3.5   | Televisión por Cable.....                                 | 58 |
| 3.6   | Comunicaciones inalámbricas.....                          | 61 |

|       |  |     |
|-------|--|-----|
| 3.7   | Comunicaciones Móviles.....  | 64  |
| 3.8   | Power Line Communication.....  | 68  |
| 3.9   | Experiencia Brasileña: Canal de Retorno.....   | 69  |
| 3.10  | Tecnología de Información y Comunicación en el Perú.....                             | 73  |
| 3.11  | Tecnologías adecuadas para el canal de retorno.....                                  | 76  |
| 3.12  | Conclusiones.....  | 78  |
| IV.   | Propuesta del modelo de canal de retorno para TdT.....                               | 80  |
| 4.1   | Introducción.....  | 80  |
| 4.2   | Modelo del canal de retorno para el Perú.....  | 81  |
| 4.2.1 | Arquitectura de Red de Canal de Retorno.....   | 81  |
| 4.2.2 | Proveedor de Televisión Digital Terrestre.....                                       | 82  |
| 4.2.3 | Servidor de Aplicaciones Interactivas.....   | 91  |
| 4.2.4 | Proveedor de Canal de retorno.....   | 94  |
| 4.2.5 | Receptor de Televisión Digital Interactiva.....                                      | 96  |
| 4.3   | Análisis de la transmisión de la aplicación <i>T-Voting</i> .....                    | 97  |
| 4.3.1 | Módulos generados por DSM-CC.....  | 99  |
| 4.3.2 | Envío de paquetes BTS.....   | 100 |
| 4.4   | Conclusiones.....  | 106 |
| V.    | Aplicación <i>T-Voting</i> .....   | 107 |
| 5.1   | Introducción.....  | 107 |
| 5.2   | Aplicación interactiva <i>T-Voting</i> : “Encuesta de 03 hospitales de EsSalud”..... | 108 |
| 5.3   | Librería <i>tcp.lua</i> para el canal de retorno.....                                | 114 |
| 5.4   | Implementación de interactividad en el <i>Set Top Box</i> .....                      | 117 |
| 5.5   | Conclusiones.....  | 121 |
| VI.   | Análisis de la propuesta para el canal de retorno.....                               | 123 |

|       |  |     |
|-------|--|-----|
| 6.1   | Introducción.....  | 123 |
| 6.2   | Pruebas de interactividad en un canal de retorno inalámbrico.....                            | 124 |
| 6.2.1 | Tráfico generado por la aplicación interactiva <i>T-Voting</i> .....                         | 126 |
| 6.3   | Escenario de Simulación de Canal de Retorno.....   | 130 |
| 6.3.1 | Parámetros de simulación.....  | 131 |
| 6.3.2 | Simulación: Escenario de canal de retorno WiFi/ADSL.....                                     | 133 |
| 6.3.3 | Resultados obtenidos de la simulación.....   | 137 |
| 6.4   | Consideraciones de WiFi para canal de retorno.....   | 141 |
| 6.5   | Conclusiones.....  | 143 |
| VII.  | Conclusiones.....  | 145 |
| 7.1   | Consideraciones iniciales.....   | 145 |
| 7.2   | Contribuciones de trabajo.....   | 147 |
| 7.3   | Artículos aceptados y conferencias.....  | 147 |
| 7.4   | Trabajos futuros.....  | 148 |
| 7.5   | Consideraciones finales.....   | 149 |
|       | Referencias.....   | 150 |
|       | Anexo A - Script de Simulación NS-2.....   | 156 |
|       | A.1 Código TCL: Canal de retorno WiFi/ADSL.....  | 156 |
|       | Anexo B – Aplicación Interactiva <i>T-Voting</i> “Encuesta de 03 hospitales de EsSalud”..... | 166 |
|       | B.1 Código fuente de la aplicación interactiva <i>T-Voting</i> .....                         | 166 |
|       | B.2 Código fuente NCL.....   | 167 |
|       | B.3 Código fuente Lua.....   | 174 |
|       | Anexo C – Principales publicaciones.....   | 182 |
|       | C.1 Brazilian Technology Symposium/ BTS – UNICAMP.....                                       | 182 |

# I. Planteamiento de la Tesis

## 1.1 Introducción

En el Perú, con Resolución Suprema N° 019-2009-MTC del 24 de abril de 2009 [1], se resolvió adoptar el estándar ISDB-T [2] como sistema de televisión digital terrestre (TdT). La elección del estándar para la TdT, fue resultado de las evaluaciones llevadas a cabo por una comisión designada para tal fin, tanto en las partes técnica, económica y de cooperación, ejecutándose pruebas de carácter subjetivo en diferentes escenarios geográficos del Perú (costa, sierra y selva). Los estándares de TdT evaluados fueron ATSC [3] (*Advanced Television Systems Committee*), DVB-T [4] (*Digital Video Broadcasting-Terrestrial*), ISDB-T (*Integrated Services Digital Broadcasting-Terrestrial*) y DTMB [5] (*Digital Terrestrial Multimedia Broadcast*). El estándar ISDB-T fue elegido por sus mejores prestaciones y fundamentalmente por los beneficios para la inclusión social en el Perú.

Como parte del sistema de TdT, la interactividad es el componente fundamental permitiendo al telespectador interactuar con el emisor a través del control remoto, estableciendo la comunicación entre ellos. Dentro de la TdT se contempla tres formas de interactividad: la interactividad local, direccional y la bidireccional. Donde la interactividad direccional y bidireccional necesita de un canal de retorno para el envío de información en el sentido contrario del flujo de *broadcast* (radiodifusión).

A la fecha existen diversos trabajos de investigación en la adopción de una solución tecnológica para el canal de retorno para la TdT, el ejemplo más próximo es la experiencia brasileña; donde plantean una serie de tecnologías para la implementación de canal de retorno en la región amazónica, como: la (PSTN) *Public Switched Telephone Network*, (ADSL) *Asymmetric Digital Subscriber Line*, WiFi (*Wireless Fidelity*), WiMAX (*Worldwide Interoperability for Microwave Access*), PLC (*Power Line Communications*), entre otros. Sin embargo, para el caso de Perú, el escenario es algo diferente debido a su heterogeneidad geográfica; por lo tanto para la elección del canal de retorno se debe tener en cuenta, varios aspectos: la densidad poblacional, infraestructura, condición socio-económico de la población y los indicadores de Calidad de Servicio (QoS) (rendimiento, retardo, variación de retardo y tasa de bloqueo o pérdida de paquetes).

En esta tesis se propone la investigación y la evaluación de tecnologías para el canal de retorno para la TdT. Asimismo se propone el modelo para la implementación del canal de retorno para la TdT en el Perú. Además se desarrolla una aplicación interactiva *T-Voting* (encuesta de 03 hospitales de EsSalud) basada en el middleware Ginga-NCL y Lua [6], en la cual las herramientas de desarrollo utilizadas son el Composer [7], Eclipse [8] con los *plugins* para NCL [9] y Lua [10] respectivamente. El funcionamiento de la interactividad mediante el *T-Voting* es evaluado en dos escenarios: inalámbrico con tecnología Pre-WiMAX y vía Internet, como canal



de retorno, e implementado utilizando el *Set Top Box* con soporte del middleware Ginga-NCL. De las pruebas realizadas se obtuvieron los datos referentes al tamaño y tasa de transmisión (ancho de banda consumido) por el flujo de datos generado por la aplicación *T-Voting*. Estos datos fueron utilizados durante la simulación a gran escala de escenarios de canal de retorno.

Para la simulación del canal de retorno es utilizado el simulador de redes NS-2 [11] (*Network Simulator*). El escenario elegido fue la comunidad de Santa Clara del distrito de Ate. En esta zona existe la carencia de infraestructura de telecomunicaciones, la única tecnología para el acceso a Internet de manera limitada es el ADSL. Por lo tanto se realizaron simulaciones de canal de retorno con la tecnología ADSL y la extensión de este servicio a través de la tecnología WiFi; donde se evaluaron los indicadores de QoS, tales como: rendimiento, retardo, variación de retardo y tasa de bloqueo o pérdida de paquetes.

Los resultados de este trabajo de tesis podrán ser utilizados en todos los países que adoptaron el estándar para televisión digital terrestre (ISDB-T) con el middleware Ginga-NCL, como componente de interactividad. Asimismo los resultados de las investigaciones se divulgaron mediante conferencias y artículos publicados en eventos nacionales e internacionales; de esta manera se contribuye en el desarrollo de la TdT en el Perú.

## 1.2 Antecedentes

Las investigaciones iniciales sobre televisión digital tuvieron sus inicios a finales de los años 1970's, buscando mejorar algunas características de la televisión analógica terrestre. Los Estados Unidos de Norteamérica fue el primer país en realizar el “apagón analógico” para emitir solo en formato digital usando su estándar ATSC. La Comunidad Europea desarrolló una familia de estándares denominados DVB-T para aplicaciones móviles, satelitales y terrestre (DVB-T) y tiene como referencia el año 2012 para completar la transición hacia la TdT. La República

Popular China con el estándar DTMB. Japón y Brasil con el estándar ISDB-T, denominado estándar Japonés con innovaciones brasileñas. Brasil tiene previsto para el 2016 el cambio en su totalidad hacia esta nueva tecnología para la televisión digital.

En el Perú, con Resolución Suprema N° 019-2009-MTC del 24 de abril de 2009, se resolvió adoptar el estándar ISDB-T International como sistema de televisión digital terrestre para el Perú y el primer semestre del 2010 se inició el proceso de implementación de la TdT en Lima y Callao, estimándose que el “apagón analógico” se realizará en forma programada a partir de 2020.

La elección del estándar para la TdT para el Perú, fue resultado de las evaluaciones llevadas a cabo por una comisión designada para tal fin, tanto en las partes técnica, económica y de cooperación, ejecutándose pruebas de carácter subjetivo en diferentes escenarios geográficos del Perú (Costa, Sierra y Selva). Los estándares de TdT evaluados fueron ATSC, DVB-T, ISDB-T y DTMB. El estándar ISDB-T International fue elegido por sus mejores prestaciones y fundamentalmente por los beneficios para la inclusión social en nuestro País. Entre las características que resaltan de este estándar desde el punto de vista técnico tenemos la compresión de audio y video en formato MPEG-4 [12], lo que permite enviar varios programas de televisión en alta definición (HD) o en definición estándar (SD) en un ancho de banda de 6MHz; otro aspecto es la recepción de la señal de televisión en equipos móviles y portátiles de tipo celular, laptops, etc. A diferencia de los demás estándares la recepción de la señal de televisión en el celular es gratuita; además con el estándar ISDB-T se cuenta con un Middleware llamado “Ginga”, que a diferencia de los otros estándares no solo está concebido para su uso en el *T-Commerce* (comercio por televisión), sino la capacidad de interactividad para fines sociales (educación a distancia, seguridad pública, telemedicina y entre otros).

En Latinoamérica, el Perú fue el primer país en adoptar el estándar nipo-brasileño ISDB-T (estándar Japonés con innovaciones Brasileñas) y a la fecha (octubre de 2010) se han definido por esta tecnología Argentina, Chile, Venezuela, Ecuador, Costa Rica, Paraguay, Bolivia y Nicaragua, en tanto que Colombia decidió por el estándar DVB-T. Con respecto a otros países de la región, específicamente Belice y Jamaica están en proceso de evaluación. Por lo tanto se puede avizorar a futuro proyectos a nivel regional conformado por los países que adoptaron el estándar ISDB-T.

La televisión digital terrestre generará muchas oportunidades para la ingeniería nacional, universidades, institutos de investigación, empresas privadas y gubernamentales para realizar investigación y desarrollo I+D en temas de compresión de audio y video, codificación de canal, interactividad, canal de retorno, sistemas de transmisión terrestre, receptores y entre otros.

En el Perú, el INICTEL-UNI, tiene como una de sus prioridades de investigación, aprobado por el Consejo Directivo del INICTEL-UNI para el periodo 2010-2012, realizar actividades relacionadas con la televisión digital terrestre. Entre las actividades ya iniciadas este año se encuentra el desarrollo de aplicaciones interactivas basada en el middleware Ginga-NCL. A la fecha se tiene aplicaciones interactivas como producto del proceso de investigación, disponible a ser transferido a la empresa para impulsar la inclusión social. Así mismo, el INICTEL-UNI es uno de los impulsores de la red de investigación latinoamericana: Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Ecuador, Paraguay, Perú y Venezuela; en el tema de aplicaciones interactivas basada en Ginga-NCL, y ha establecido convenios con la Pontificia Universidad Católica de Río de Janeiro de Brasil, quienes son los creadores del middleware Ginga-NCL. Los resultados de las primeras investigaciones han sido presentadas y aceptadas en congresos internacionales: “Análisis del Canal de Retorno para la Televisión Digital Interactiva utilizando la Clase TCP-Lua” y “Aplicaciones Interactivas Basadas en el Middleware GINGA-NCL para el Área de Salud”;

ambos aceptados en *Brazilian Technology Symposium*, en Campinas-Sao Paulo. Asimismo, el INICTEL-UNI está impulsando en la creación de una red de investigadores sobre aplicaciones interactivas entre las universidades del Perú.

### 1.3 Motivación

A la fecha la infraestructura de redes de telecomunicaciones está en constante crecimiento; tal es el caso de proyectos de telecomunicaciones rurales, ejecutados por el FTEL-MTC [13] e INICTEL-UNI [14] para la implementación de acceso a Internet para las zonas rurales. Esto origina que la exclusión tecnológica se acorte para la población con menores recursos, y a la vez se puedan utilizar el medio como canal de retorno para la TdT.

El Perú con la adopción del estándar ISDB-T para la televisión digital terrestre y su componente de interactividad (middleware Ginga), contribuirá en el desarrollo de aplicaciones interactivas con beneficios sociales; donde impulsará la inclusión social en nuestro País. Las aplicaciones interactivas permitirán interactuar a través de la televisión a la población ubicada en la zona urbana y pobladores de las zonas rurales, por ejemplo: capacitación por televisión (*T-Learning*), salud por distancia (*T-Health*), comercio por televisión (*T-Commerce*) y entre otros; donde se aprovechará la infraestructura de telecomunicaciones instalada, como canal de retorno para el envío de la información del telespectador al servidor de aplicaciones localizado normalmente en las instalaciones del radiodifusor.

La adopción del estándar ISDB-T casi en su totalidad en los países de América del Sur; generará el desarrollo de proyectos multidisciplinarios de gran magnitud con participación de los investigadores de todos los países que adoptaron el estándar; asimismo dentro del Perú, se crearán más centros de investigación, y más empresas en el rubro de la TdT.

Estamos seguros que esta tesis, siendo la primera tesis en el rubro de la TdT con tema central en el estudio de canal de retorno en el Perú, será un punto de partida para los investigadores, tesisistas de pre-grado y postgrado, proyectistas y empresarios que están interesados en el desarrollo de aplicaciones interactivas para la TdT; y como consecuencia natural se generara mayor aporte en para la mitigación de la exclusión tecnológica que existe en nuestros País.

## **1.4 Objetivos de la Tesis**

### **Objetivos Generales:**

Proponer una alternativa tecnológica para el canal de retorno para la televisión digital terrestre; donde se evaluaran la QoS de la tecnología propuesta; asimismo se desarrollará una aplicación interactiva, para las pruebas de validación en un escenario con canal de retorno.

### **Objetivos específicos:**

- Investigación y evaluación de las tecnologías para el canal de retorno para la televisión digital terrestre con el estándar ISDB-T.
- Desarrollo de una aplicación interactiva piloto *T-Voting* para validar el funcionamiento de la interactividad en un escenario con canal de retorno.
- Modelamiento de un escenario de canal de retorno y aplicaciones de interactividad para la televisión digital terrestre basado en el estándar ISDB-T.
- Implementación de un escenario de interactividad utilizando como canal de retorno el enlace alámbrico e inalámbrico, y simulación de un escenario interactivo para una comunidad carente de infraestructura de telecomunicaciones.

- Divulgación de los resultados obtenidos en conferencias y publicación de artículos en eventos nacionales e internacionales.

## 1.5 Organización de la Tesis

Además de este capítulo de planteamiento de la tesis, la tesis está estructurado en seis capítulos más y está organizado de la siguiente manera: En el capítulo 2 se fundamenta el estándar ISDB-T y la interactividad para la TdT; asimismo se presenta la implementación de la TdT en el Perú y finalmente las conclusiones para este capítulo. En el capítulo 3 se evalúan las principales Tecnologías de conectividad para el canal de retorno; también se analizan los trabajos realizados por Brasil con respecto al canal de retorno; se describe la Tecnología de Información y Comunicación en el Perú y finalmente las conclusiones con respecto a este capítulo. En el capítulo 4 se propone el modelo del canal de retorno para TdT; donde se describen los componentes principales de un escenario interactivo con canal de retorno; asimismo se analizan el envío de la aplicación *T-Voting* a través del canal de transmisión (*Datacasting*), y finalmente la conclusión con respecto a este capítulo. En el capítulo 5 se describen las fases de desarrollo de la aplicación interactiva *T-Voting*; asimismo la implementación de interactividad en el *Set Top Box*, y finalmente las conclusiones con respecto a este capítulo. En el capítulo 6 se evalúa la propuesta para el canal de retorno; donde se describen las pruebas realizadas de interactividad de tipo *T-Voting*, utilizando el enlace inalámbrico y vía Internet, como canal de retorno; asimismo se realizan simulaciones de un escenario interactivo para una comunidad con carencia de infraestructura de telecomunicaciones, utilizando la tecnología WiFi y ADSL, como canal de retorno, y finalmente las conclusiones para este capítulo. En el capítulo 7 son presentadas las conclusiones de la tesis, relacionando las consideraciones iniciales, las contribuciones de trabajo, artículos aceptados, conferencias, trabajos futuros y las consideraciones finales.

## II. Fundamentos del estándar ISDB-T e Interactividad

### 2.1 Introducción

En este capítulo de la tesis se realizan los estudios de los temas más resaltantes del sistema de televisión digital terrestre, basado en el estándar ISDB-T [2]; donde son descritos los componentes de la TdT, como: el codificador en formato MPEG-2 y MPEG-4, la codificación de datos; el multiplexor y el TS [15] (*Transport Streaming*, Flujo de Transporte) bajo el formato MPEG-2; también el sistema de Transmisión, donde involucra varios componentes, como el codificador de canal y el modulador.

Asimismo se describen la estructura de *middleware* Ginga, como parte fundamental del sistema de TdT. El *middleware* Ginga está compuesto por dos entornos de trabajo, definidas como Ginga-NCL [6] (*Nested Context Language*) y Ginga-J [16] (Java); ambos definidos en dos lenguajes; el lenguaje procedimental y el lenguaje declarativo respectivamente. Otro aspecto fundamental con respecto al *middleware* Ginga son las innovaciones que presentan con respecto a la inclusión social a diferencia de *middleware* de otros estándares de TdT. Esta característica es

fundamental para los países que adoptaron el sistema ISDB-T, ya que cuentan con librerías para el desarrollo de aplicaciones interactivas para fines sociales, como educación a distancia, salud por televisión, gobierno electrónico, comercio por televisión y entre otros.

También son descritas las formas de interactividad en un escenario de TdT, como la interactividad local, la interactividad direccional y la interactividad bidireccional. Las dos últimas formas de interactividad necesitan de una infraestructura de telecomunicaciones para el canal de retorno; donde el telespectador envía una información al servidor remoto de aplicaciones interactivas.

## **2.2 Televisión Digital Terrestre**

La TdT (Televisión Digital Terrestre), es una aplicación de un conjunto de tecnologías de transmisión y recepción de imagen, sonido y datos que codifican digitalmente la señal de televisión, convirtiéndola en series de números ceros y unos, los cuales son transmitidos en determinadas frecuencias del espectro electromagnético (aire), permitiendo que las imágenes que se reciban tengan mayor nitidez, que el sonido sea de mejor calidad y, además puedan ser captados por teléfonos celulares o por terminales portátiles (televisores instalados en vehículos en movimiento).

En función de sus plataformas de transmisión, otras modalidades de televisión digital son: la Televisión Digital por Cable, cuya transmisión de señales se realiza a través de cables de tipo coaxial, y la Televisión Digital Satelital, que es transmitida vía satélite.

La TdT posibilita, particularmente, que por cada canal o “autopista” del espectro electromagnético de 6 MHz, se pueda transmitir hasta ocho (8) señales o contenidos de televisión de definición estándar (SD), más uno de señal para receptores portátiles (celulares,



PDA, dongle, etc) y datos (aplicaciones interactivas). Del mismo modo, cada “autopista” soporta la transmisión adecuada de hasta dos (2) señales de televisión digital de alta definición (HD). Ambas posibilidades hacen que el número de programas o señales aumente significativamente ampliando la potencialidad del espacio radioeléctrico para su aprovechamiento más eficiente.

Por su fácil interconexión con computadoras personales (PC) y portátiles (Laptop) y, por consiguiente, con Internet, el sistema digital es de doble vía o interactiva; esto posibilita que el telespectador podrá interactuar con los radiodifusores enviando correos electrónicos, respondiendo encuestas en línea, podrá proporcionar información noticiosa, emitir opiniones e intervenir en programas de entretenimiento, diversión y educación.

### 2.2.1 Tecnología analógica y digital para la televisión

En su base, el hecho de que la televisión se transmite en formato digital o analógico podría ser sólo una cuestión técnica, que tiene el efecto a sus telespectadores sólo el cambio de calidad en la imagen y sonido en la recepción, como se observa en la Figura 2.1. Sin embargo, el proceso de digitalización permite la transmisión de múltiples canales de información, la interactividad y la convergencia digital [17].

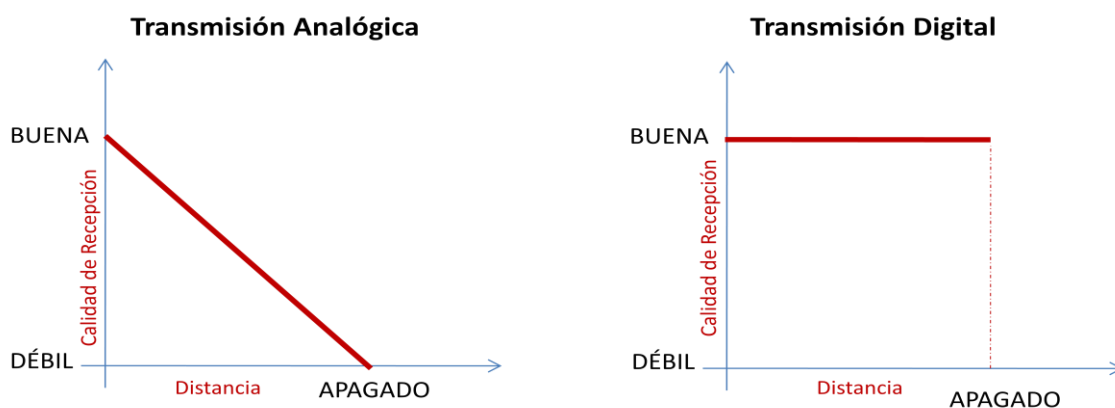


Figura 2.1 – Transmisión analógica y la digital

La digitalización de la televisión sigue utilizando la transmisión analógica, para la transmisión de sonido e imagen, debido a su propagación por el aire aún está sujeto a la interferencia y estos deben ser corregidos por el sistema, para que la imagen se muestre en alta calidad.

Como se muestra en la Figura 2.2 (a y b), también es posible comprender las diferencias entre estas dos tecnologías. Como se muestra en la Figura 2.2 (a), en el sistema analógico, la imagen y el sonido se muestran tal como son recibidas, y puede haber problemas de recepción (efectos de nieve y de doble imagen) y estos son transmitidos al telespectador. En la Figura 2.2 (b) se demuestra cómo los datos recibidos son procesados por el decodificador (*Set-Top Box*). La recepción se hace de la misma manera que la televisión analógica: una antena de UHF (*Ultra High Frequency*, Ultra Alta Frecuencia)/VHF (*Very High Frequency*, Muy Alta Frecuencia). Cuando se sintoniza una señal (canal de frecuencia), éste es procesado por el receptor, donde recibe un tratamiento de corrección de errores y la conversión de los bits de datos (*Transport Stream*). Los datos se separa en diferentes flujos que pueden ser: Secuencia de Audio, Video Stream y Flujo de datos. Algunos autores agrupan los flujos de audio y vídeo en un único flujo llamado Flujo del Programa.

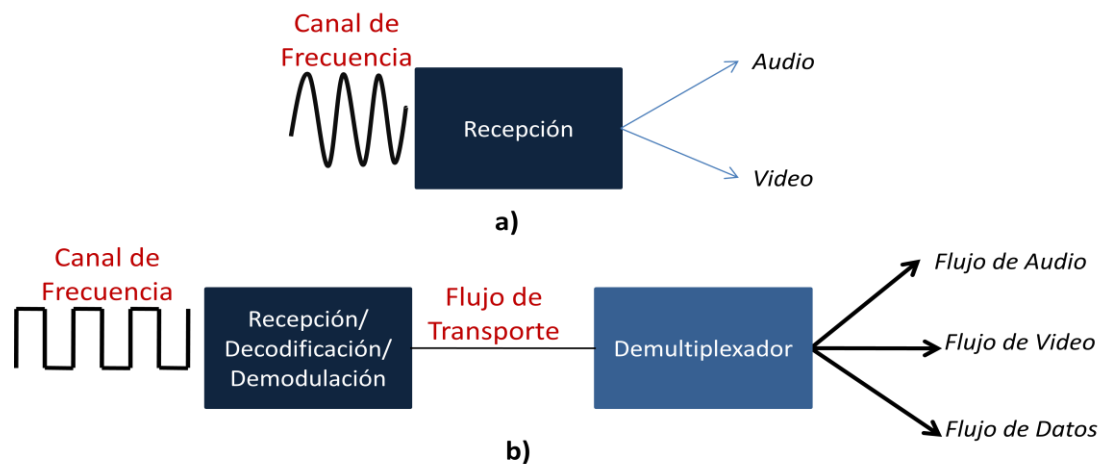


Figura 2.2 – Diferencia entre receptor analógico (a) y digital (b)

## 2.3 Estándar ISDB-T para la TdT

El ISDB-T [2] es un conjunto de tecnologías modernas diseñadas para la televisión digital terrestre, el ISDB-T se deriva de las siglas *Integrated Services Digital Broadcasting Terrestrial* o Servicios Integrados de Televisión Digital Terrestre. El estándar fue desarrollado originalmente en Japón en el año 1999 y comenzó las emisiones en diciembre del 2003; pero fue mejorado por Brasil, país donde su uso comercial comenzó en diciembre del 2007. El componente brasilero marca la diferencia con el sistema primigenio porque usa como compresor de video estándar el formato MPEG-4 [12] (H.264), el cual permite presentar una tasa de 30 fotogramas por segundo, incluso en receptores portátiles. El sistema básico utiliza MPEG-2 [18], con una tasa de presentación de 15 fotogramas por segundo. Para audio emplea el HE-AAC v2 [19]. Ambos factores permiten una potente interacción utilizando otros programas de soporte.

Uno de los componentes del estándar ISDB-T, se encuentra relacionado al software utilizado para la realización de la interactividad. Este elemento de software es definido como el middleware Ginga, que permite la ejecución de las aplicaciones interactivas sobre el televisor,

como por ejemplo: comercio por televisión, acceso a Internet, ejecución de operaciones bancarias, compras en línea, envío de mensajes electrónicos, entre otros. En la Figura 2.3 se muestran los principales componentes del ISDB-T en relación a los estándares de ABNT [20]; donde la norma define las especificaciones técnicas para cada etapa funcional del sistema ISDB-T.

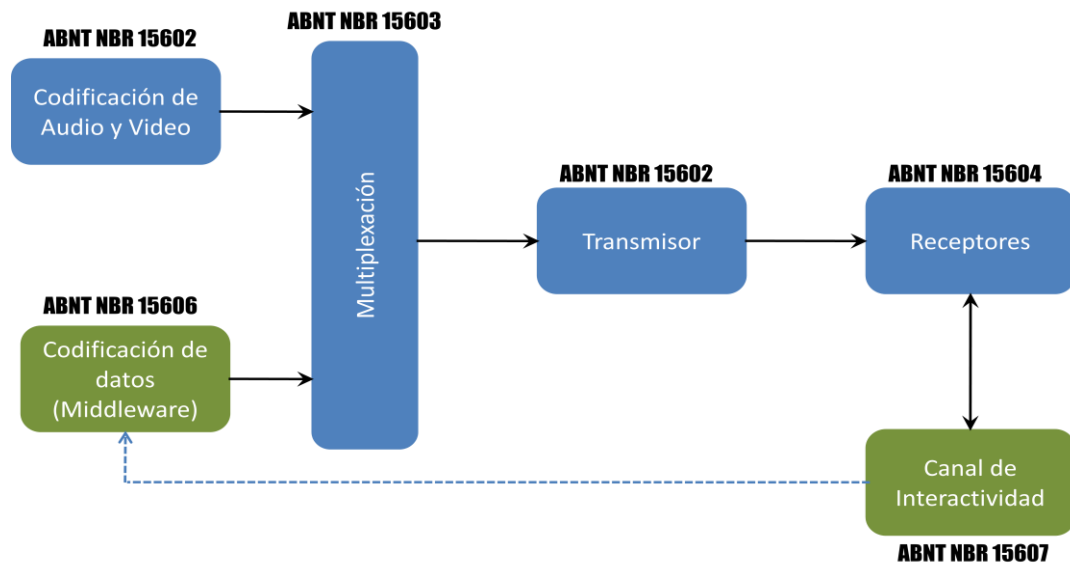


Figura 2.3 – Bloque funcional de un Sistema Televisión Digital ISDB-T

Hasta la fecha [21] (octubre de 2010) los países que adoptaron el estándar ISDB-T se muestran en la Figura 2.4. Los países que usan el ISDB-T son: Brasil, Perú, Argentina, Chile, Venezuela, Ecuador, Costa Rica, Paraguay, Bolivia y Nicaragua. Con respecto a los países de Uruguay y Colombia adoptaron de manera oficial el estándar DVB-T; sin embargo, Uruguay está evaluando reemplazar por la norma ISDB-T.

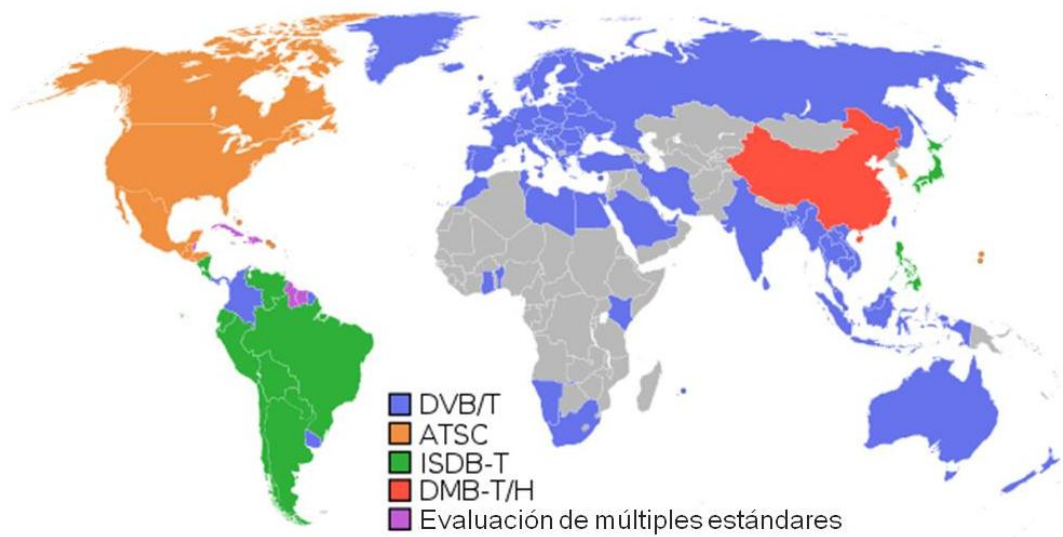


Figura 2.4 – Países que adoptaron el ISDB-T en el mundo

El sistema ISDB-T está formado por componentes, que permiten transmitir programas de televisión (audio y video) y datos (aplicaciones interactivas) a través del señal digital. Los componentes principales del sistema ISDB-T se muestran en la Figura 2.5.

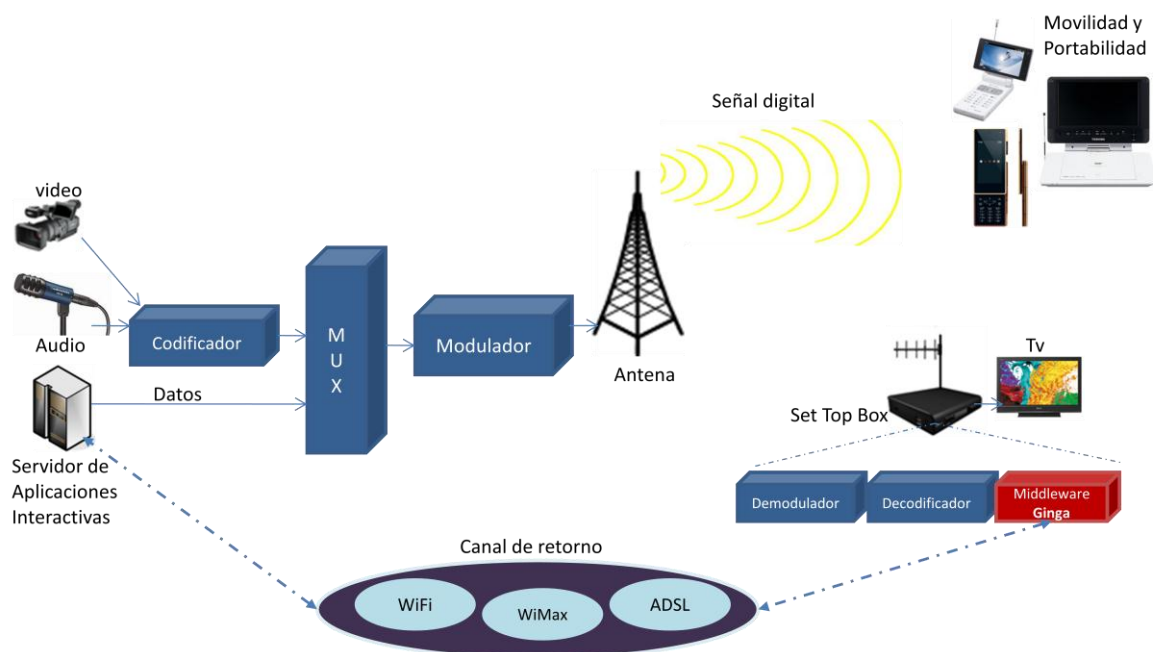


Figura 2.5 – Sistema Televisión Digital Terrestre – ISDB-T

A continuación se definen cada uno de los componentes del sistema ISDB-T: Codificador, Multiplexor, Modulador, Servidor de Aplicaciones y Receptores.

**Codificador** [22]. Este módulo permite la compresión de las señales de audio y video entrantes. El ISDB-T ha adoptado el MPEG-2 para la compresión de vídeo y audio. Permiten también el uso de otros métodos de compresión de video, como MPEG-4; esta última innovación de Brasil, la versión brasileña (ISDB-Tb), usa para la transmisión digital el MPEG-4 y el audio en HE-AAC.

**Multiplexor.** El multiplexor [23] es el componente principal del ISDB-T, responsable de “juntar” las informaciones provenientes de los codificadores de audio y vídeo (HD, SD y one-seg) y de los servidores de aplicaciones interactivas. A la salida del multiplexor se genera el TS [24] (*Transport Stream*, Flujo de Transporte) MPEG-2, el TS consiste en paquetes que tienen una longitud constante de 188 bytes, con 4 bytes de encabezado y 184 bytes de carga útil. La carga útil contiene video, sonido y/o datos. El encabezado incluye numerosos ítems de importancia para la transmisión de los paquetes.

Otro término es el BTS [24] (*Broadcast Transport Stream*) es un paquete de datos de tasa fija de 32,507936 Mbps, con paquetes de tamaño de 204 bytes, en que 188 bytes son de información útil y los 16 bytes restantes son responsables por cargar informaciones para configuración del modulador.

**Modulador** [25]. En la etapa de modulación para el diseño del sistema de transmisión terrestre digital, es importante considerar los factores de degradación de la banda VHF/UHF, tales como, el ruido térmico, interferencia *multipath* (estática y dinámica), ruido urbano, desvanecimiento en la recepción móvil, portátil y otros.

Para brindar robustez contra los factores de degradación, el ISDB-T adoptó el sistema de transmisión OFDM [26] (*Orthogonal frequency-division multiplexing*, Multiplexaje por División de Frecuencia Ortogonal) con la tecnología de “Time Interleave”. Entre las ventajas de OFDM en la Televisión Digital tenemos:

- Alta eficiencia espectral.
- Resistencia a desvanecimientos por multitrayectos.
- Resistencia a desvanecimientos selectivos en frecuencia.
- Resistencia a la dispersión de la señal.
- Resistencia a la distorsión de fase.
- Fácil ecualización del canal.
- Alta inmunidad a ráfagas de ruido.

**Servidor de Aplicaciones Interactivas.** Es el componente principal para la interactividad a través del televisor. Aquí se almacenan las aplicaciones interactivas que se emitirán a los receptores de la señal de televisión digital (*Set Top Box* con el middleware Ginga incorporado). Este componente será descrito con detalle en el capítulo 4.

**Receptores** [27]. Aquí se definen los sintonizadores de la señal de televisión digital terrestre; estos pueden ser receptores fijos (televisor con sintonizador ISDBT y *Set Top Box*); asimismo los celulares, computadoras personales y portátiles (*laptops* y *notebooks*) dotados con sintonizadores ISDB-T incorporado.

## 2.4 Interactividad en TdT

La generación y transmisión de datos en un sistema de televisión digital terrestre, cuya componente fundamental es el servidor de aplicaciones interactivas, cuya secuencia de generación de datos (*datacasting*) [28] se lleva a cabo a través de proceso de carrusel de datos. Donde la transmisión se realiza por dos caminos o rutas, a través del canal de transmisión (radiodifusión) y el canal de interactividad (canal de retorno), para cada ruta de transmisión cuentan con los protocolos de transporte.

Por lo tanto el telespectador interactuará a través de una aplicación interactiva cargado en el *Set Top Box* (emitido por el servidor través de proceso de carrusel de datos). A la fecha con la televisión digital han surgido nuevas aplicaciones que permitirán interactuar al telespectador para realizar sus propósitos. Estas aplicaciones de interactividad más comunes se describen a continuación [29]:

- **EPG.** El EPG (*Electronic Program Guide*, Guía de Programación Electrónica) es un servicio de guía para contenidos de programas de televisión. Por ejemplo el telespectador podrá navegar por un conjunto de programas y servicios ofrecidos, y escoger lo que más le agrada. El puede seleccionar un canal convencional o resolver comprar un vídeo y almacenar para asistir.
- **T-Government.** El *T-Government* (Gobierno por Televisión), son servicios gubernamentales ofrecidos por el televisor. Ofrece servicios importantes, evitando el desplazamiento por parte de los telespectadores, hacia las oficinas de administración gubernamental, como la SUNAT (Superintendencia Nacional de Administración Tributaria); donde las consultas son realizadas a través del televisor.



- **T-Commerce.** El *T-Commerce* (Comercio por Televisión), el telespectador a través de este aplicativo tendrá la oportunidad de adquirir productos anunciados directamente por la televisión, sin la necesidad de desplazarse al lugar donde se encuentra la empresa.
- **Internet.** Aplicación de mucha importancia que ayudará en el proceso de inclusión digital. Donde se pueden consultar búsqueda de información, consultas en línea, votos a través de Internet, entre otros.
- **Vídeo bajo demanda.** El telespectador tendrá acceso a una colección de vídeos que pueden ser seleccionados en el tiempo en que le fuera más conveniente.
- **Consola de Juegos.** Posibilita el uso de televisión para juegos, permitiendo que los adversarios estén en red o que la propia televisión es el adversario.
- **Otros.** La TdT permitirá generar nuevas oportunidades de negocios en el desarrollo de aplicaciones interactivas a medida. A la fecha se están desarrollando aplicaciones, como: educación a distancia, telemedicina, monitoreo de tráfico terrestre, aplicación de prevención de desastres naturales y entre otros.

### **2.4.1 Formas de interactividad**

Dentro de la televisión digital terrestre se encuentra varias formas de realizar la interactividad; entre ellas tenemos la interactividad local, la interactividad direccional y la interactividad bidireccional. Las dos últimas formas de interactividad necesitan de un canal de retorno para el envío de los datos del telespectador a un servidor de datos o aplicaciones interactivas. A continuación se definen las formas de interactividad [29].

- **Interactividad local.** Llamado también interactividad sin canal de retorno, posibilita algunas aplicaciones relacionadas al programa como mirar múltiples cámaras, recibir sinopsis de películas, telenovelas y series, informaciones sobre jugadores/actores y aplicaciones no relacionadas al programa, como guía electrónico de programación, noticias y boletines, juegos residentes, previsión del tiempo y informaciones de tráfico. En la Figura 2.6 se muestra un escenario de interactividad local.

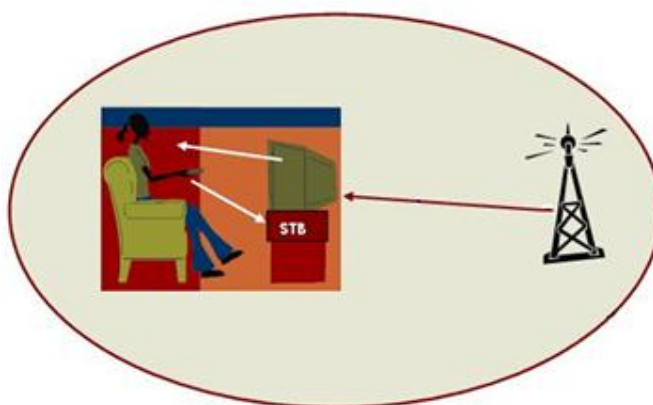


Figura 2.6 – Interactividad local

- **Interactividad con canal de retorno.** La interactividad con canal de retorno a diferencia de la interactividad local, necesita de tecnologías de redes, como canal de retorno para el transporte de la información. Este tipo de interactividad posibilita el uso del Internet por la televisión, y también el uso de aplicaciones relacionadas a los programas, como: comercio por televisión, educación por televisión; además de preguntas y respuestas por televisión, como las encuestas por televisión o *T-Voting*. También son posibles aplicaciones no relacionadas al programa, como: el uso del correo electrónico, conversación en línea, banco por televisión, gobierno por televisión, educación a distancia y entre otros. En la Figura 2.7 se muestra el escenario interactivo con canal de retorno.

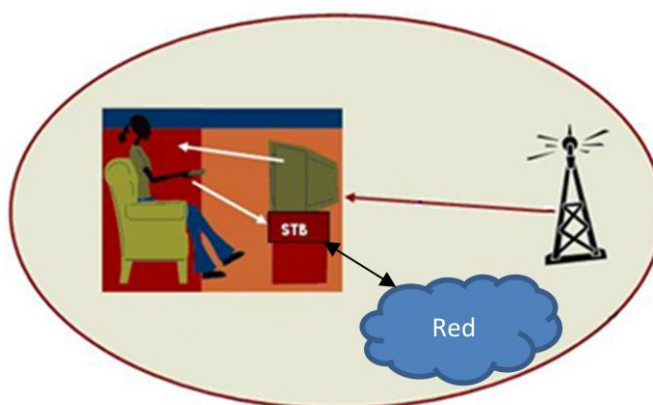


Figura 2.7 Interactividad con canal de retorno

Las aplicaciones interactivas direccional y bidireccional, necesitan de un canal de retorno, para que el telespectador interactúe y pueda enviar datos a un servidor de aplicaciones interactivas. El telespectador básicamente envía consultas a una base de datos remotos, búsqueda en internet, envío de mensajes a un servidor y entre otros.

### 2.4.2 Middleware Ginga

El middleware [30] es una capa de software intermedia entre el hardware/sistema operativo y las aplicaciones, que ofrece una serie de facilidades para el desarrollo de contenidos interactivos para TdT, escondiendo la complejidad de los mecanismos definidos por los protocolos de comunicación, de sistemas operativos y de hardware de equipamiento.

El middleware Ginga es el encargado de ejecutar las aplicaciones interactivas que son enviados desde los radiodifusores, estas aplicaciones pueden ser de forma local y/o remota. Los receptores de televisión digital como el *Set Top Box* deben soportar el middleware Ginga para el proceso de interactividad por parte de los telespectadores.

Si bien es cierto, en el mercado de televisión digital existe un conjunto de estándares que definen los middlewares, los cuales son: middleware DASE [31] (Americano), middleware MHP [32] (Europeo), middleware ARIB [33] (Japonés) y el middleware GINGA [30] (Brasileño). En la Figura 2.8 se ilustra los middlewares en relación a los estándares de la televisión digital terrestre.

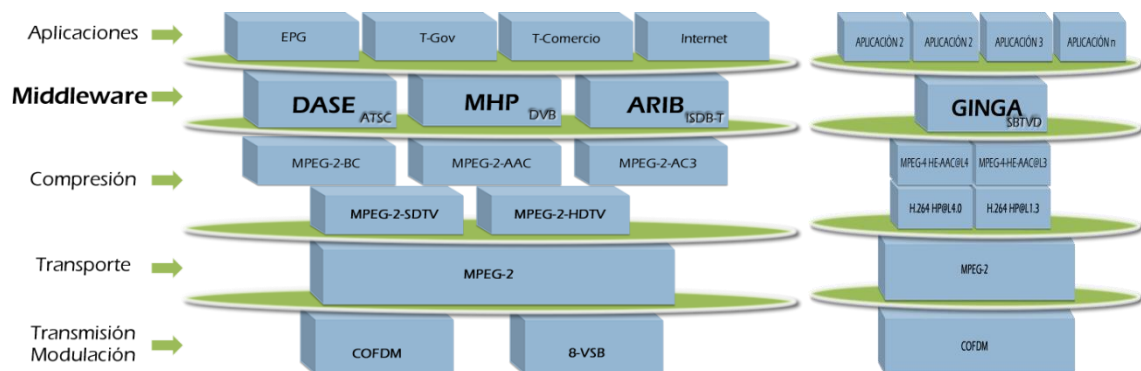


Figura 2.8 – Middlewares para TdT

En la figura anterior se observa los diferentes middleware, que dan soporte a las aplicaciones interactivas, escondiendo las particularidades y heterogeneidades de las capas inferiores (tecnologías de comprensión, de transporte y de modulación). El uso del middleware facilita la portabilidad de las aplicaciones, permitiendo que sean transportadas para cualquier receptor digital (*Set Top Box*) que soporte la adopción de un middleware. Los requisitos del middleware para la interactividad son:

- Soporte de sincronización de medios.
- Sincronización basada en la estructura.
- Soporte del canal de retorno.
- Soporte de múltiples dispositivos de exhibición.
- Soporte de desarrollo de programas en vivo (en tiempo de exhibición).

- Soporte de adaptación de contenidos y la forma de cómo el contenido es exhibido.

### Arquitectura de Referencia

El middleware Ginga es una capa de software intermediario que permite el desarrollo de aplicaciones interactivas para TdT, independientemente de la plataforma del hardware de los fabricantes y terminales de acceso [34]. Brinda soporte al desarrollo de aplicaciones tanto empleando un paradigma declarativo, imperativo o ambos. Los dos ambientes de ejecución son exigidos en los receptores fijos y portátiles, mientras que solo el ambiente declarativo es exigido en los receptores portátiles.

La arquitectura de implementación de referencia del middleware Ginga está dividida en tres módulos Ginga-NCL, Ginga-J y Ginga-CC (*Common Core*, Núcleo Común). En la Figura 2.9 se muestra la arquitectura de software para el middleware Ginga con sus respectivos módulos.



Figura 2.9 – Arquitectura del middleware Ginga

A continuación se definen cada uno de los módulos de la arquitectura del middleware Ginga.

**Ginga-NCL.** El Ginga-NCL [6] fue desarrollado por la Pontificia Universidad Católica de Rio de Janeiro – PUC-Rio, provee una infraestructura de presentación para aplicaciones declarativas escritas en el lenguaje NCL (Nested Context Lenguaje). NCL es una aplicación XML (eXtensible Markup Language) con facilidades para los aspectos de interactividad, sincronismo, espacio-temporal entre objetos de mídia, adaptabilidad, soporte a múltiples dispositivos y soporte a la producción de programas interactivos en vivo no-lineares.

**Ginga-J.** El Ginga-J [16] fue desarrollado por la Universidad Federal de Paraiba para proveer una infraestructura de ejecución de aplicaciones basadas en lenguaje Java, llamadas Xlet, con facilidades específicamente para el ambiente de TV digital.

Ginga-J es un subsistema lógico del Sistema Ginga que procesa aplicaciones procedimentales (Xlets Java). Un componente clave del ambiente de aplicaciones procedimentales es el mecanismo de ejecución de contenido procedimental, que tiene como base la máquina virtual de Java.

**Ginga-CC.** Ginga Common Core [6], es el subsistema lógico que provee toda funcionalidad común al soporte de los ambientes de programación declarativos, Ginga-NCL, e imperativo, Ginga-J.

Según los estudios realizados, el middleware que presenta mayores beneficios sociales es el Ginga, que no solo está pensado para el comercio por televisión, sino para la inclusión social; donde está pensado para educación a distancia, telemedicina, entre otros. El Ginga se basa en dos leguajes para el desarrollo de aplicaciones, Ginga-NCL y Ginga-J.

## 2.5 Implementación del ISDB-T en el Perú

Mediante Decreto Supremo 017-2010-MTC/03 [35], publicado el 29 de marzo de 2010, se aprobó el Plan Maestro para la Implementación de la Televisión Digital Terrestre en el Perú. El objetivo del Plan Maestro para la implementación de la TdT es establecer las medidas necesarias para la transición de los servicios de radiodifusión por televisión con tecnología analógica hacia la prestación de estos servicios utilizando tecnología digital.

La implementación de la televisión digital terrestre en el país se realizará de manera progresiva en cuatro (4) territorios, conformados por las localidades que se detallan en la Tabla 2.1.

| Territorios   | Localidades   | Plazo máximo para la Aprobación de los Planes de Canalización | Plazo máximo para el inicio de las transmisiones con tecnología digital |
|---------------|---|---|---|
| Territorio 01 | Lima y Callao   | II Trimestre 2010   | II Trimestre 2014   |
| Territorio 02 | Arequipa, Cusco, Trujillo, Chiclayo, Piura y Huancayo             | I Trimestre 2011  | III Trimestre 2016  |
| Territorio 03 | Ayacucho, Chimbote, Ica, Iquitos, Juliaca, Pucallpa, Puno y Tacna | IV Trimestre 2011   | IV Trimestre 2018   |
| Territorio 04 | Localidades no incluidas en los Territorios 01, 02 y 03.          | I Trimestre 2013  | I Trimestre 2024  |

Tabla 2.1 – Implementación del Plan Maestro TDT

La transición analógico-digital implica el cambio en la prestación del servicio de radiodifusión por televisión pasando de tecnología analógica a tecnología digital. Ello implicará a su vez, la sustitución y/o adaptación progresiva de los equipos receptores, transmisores y de producción audiovisual. Comprenderá las siguientes modalidades:

- Transmisión simultánea de la programación en señal analógica y en señal digital, utilizando dos (2) canales de radiofrecuencia.
- Transición directa a la prestación de los servicios de radiodifusión utilizando la tecnología digital, en un (1) canal de radiofrecuencia. En la Tabla 2.2 se muestra el cronograma de apagón analógico.

| Territorios   | Localidades   | Plazo máximo para el fin de las transmisiones con tecnología analógicas |
|---------------|---|---|
| Territorio 01 | Lima y Callao   | IV Trimestre 2020   |
| Territorio 02 | Arequipa, Cusco, Trujillo, Chiclayo, Piura y Huancayo             | IV Trimestre 2022   |
| Territorio 02 | Ayacucho, Chimbote, Ica, Iquitos, Juliaca, Pucallpa, Puno y Tacna | IV Trimestre 2024   |
| Territorio 04 | Localidades no incluidas en los Territorios 01, 02 y 03.          | Indefinido  |

Tabla 2.2 – Cronograma de apagón analógico

Con respecto a la asignación del espectro para la TdT; actualmente las empresas autorizadas [36] a migrar a un canal de gestión exclusiva para la transmisión analógico-digital simultánea se muestran en la Tabla 2.3. A la fecha la señal emitida por los radiodifusores está en modo de prueba o experimental.

| CANAL | EMPRESA  | RESOLUCIÓN               | FECHA      | Señal que están operando |
|-------|--|--------------------------|------------|--------------------------|
| 16    | INSTITUTO NACIONAL DE RADIO Y TELEVISIÓN       | R.D. N° 1053-2010-MTC/28 | 30/03/2010 | HD, SD<br>One-seg        |
| 18    | ANDINA DE RADIODIFUSIÓN S.A.C.                 | R.D. N° 1053-2010-MTC/28 | 31/03/2010 | HD, SD<br>One-seg        |
| 24    | COMPAÑÍA PERUANA DE RADIODIFUSIÓN S.A.         | R.D. N° 1194-2010-MTC/28 | 12/04/2010 | SD, One-Seg              |
| 20    | COMPAÑÍA LATINOAMERICANA DE RADIODIFUSIÓN S.A. | R.D. N° 1195-2010-MTC/28 | 12/04/2010 | SD, One-Seg              |
| 22    | RED GLOBAL TELEVISIÓN                          | R.D. N° 1195-2010-MTC/28 | 28/09/2010 | HD, One-Seg              |

Tabla 2.3 – Radiodifusores que emiten señal digital ISDB-T



## 2.6 Conclusiones

El estándar ISDB-T para la televisión digital terrestre, actualmente adoptado por los países: Brasil, Perú, Argentina, Chile, Venezuela, Ecuador, Costa Rica, Paraguay, Bolivia y Nicaragua; generaran proyectos de gran envergadura con aportes de todos los países arriba mencionados. Tal es así, actualmente se tiene formado la red de I+D (investigación y desarrollo) latinoamericana en software para televisión digital terrestre [37], conformado por las universidades de los países: Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Ecuador, Paraguay, Perú y Venezuela, en el tema de aplicaciones interactivas basada en Ginga-NCL.

El middleware Ginga, a diferencia de middleware de otros estándares brinda facilidades para el desarrollo de aplicaciones para países en vías de desarrollo. Por ejemplo las aplicaciones de salud, educación a distancia, comercio y entre otros; que permitirán reducir la brecha digital y aumentar la inclusión social de cada País.

En el caso del Perú ya son 05 (cinco) los radiodifusores que vienen transmitiendo la señal digital bajo el estándar ISDB-T en Lima-Metropolitana, la transmisión está en fase de pruebas o experimental, con cobertura limitada. Con respecto a la interactividad, aún todavía no se tiene implementado la infraestructura para la emisión de las aplicaciones interactivas por los radiodifusores.

## **III. Tecnologías de conectividad para el canal de retorno**

### **3.1 Introducción**

El canal de retorno es un componente fundamental del sistema de televisión digital terrestre, que permite la comunicación entre el telespectador (*Set Top Box*) y el proveedor de servicios de interactividad (servidor de aplicaciones interactivas). A través del canal de retorno se envían las solicitudes del telespectador hacia el servidor de aplicaciones interactivas remoto, normalmente ubicado en las instalaciones del radiodifusor (proveedor de televisión digital terrestre).

A la fecha los países que adoptaron el estándar ISDB-T [2] están evaluando las tecnologías de conectividad para ser utilizados como alternativa para el canal de retorno para la TdT. La elección de las tecnologías de redes para el canal de retorno, dependerá de las características técnicas de cada tecnología para operar en diferentes escenarios o lugares geográficos.

En el caso del Perú, cuenta con una diversidad geográfica (Costa, Sierra y Selva); según las estadísticas de las TIC [38], en la región Costa la concentración de las redes de transporte de fibra óptica, ha condicionado que el acceso a Internet a través de tecnologías de banda ancha fija y móvil (como el ADSL y 3G), se circunscriba en su mayor parte a esta región.

Otro aspecto importante a tener en consideración es el crecimiento progresivo de manera informal de redes de acceso a Internet utilizando la tecnología WiFi en la banda 2.4 Ghz; estas conexiones son básicamente extensiones de la tecnología ADSL para el acceso a Internet.

En este capítulo de la tesis se analizan las tecnologías de redes como alternativas a ser adoptadas como canal de retorno para la TdT; asimismo se analizan el estado de las TICs en el Perú y los estudios realizados por Brasil para la elección de la alternativa tecnológica para el canal de retorno. Además los factores a considerarse en la adopción de la alternativa tecnológica, es el costo de la instalación y la tarificación mensual una vez instalada [39], ya que para lugares con población de bajo nivel económico no será posible acceder a los servicios de interactividad, debido a los pagos mensuales que realizarían los telespectadores. En la Figura 3.1 se muestra la topología en general del sistema de televisión digital terrestre, donde se resalta el canal de retorno.

En la sección 2.3 del capítulo 2 se detallaron cada componente de la Figura 3.1; como se puede observar en esta Figura con respecto al canal de retorno, se utilizarán tecnologías de conectividad alámbricas e inalámbricas; donde estas tecnologías elegidas conectarán físicamente el receptor (*Set Top Box*) con el Servidor de Aplicaciones Interactivas; y por este medio se enviará la información que el telespectador generará de acuerdo al tipo de aplicación interactiva utilizado, por ejemplo en una aplicación *T-Voting*, el telespectador votará por televisión, esta información

de votación se enviará por el canal de retorno hacia el servidor de datos, para luego generar los resultados de la votación.

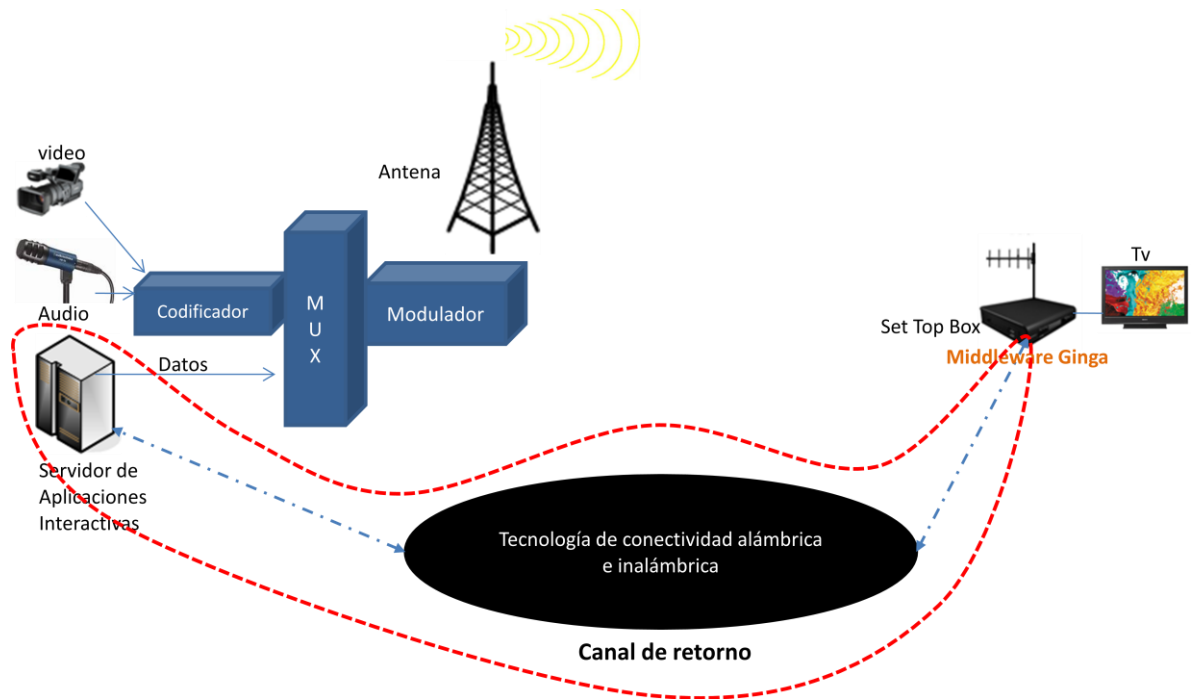


Figura 3.1 – Canal de retorno para TdT

### 3.2 Red de Telefonía Pública Conmutada - RTPC

Según los datos estadísticos proporcionado por el OSIPTEL [40], como se muestra en la Tabla 3.1, las redes de telefonía instalada en el Perú por departamentos son de 3'550,604 líneas. Esta cifra nos indica una referencia que en algunos lugares se utilizará esta tecnología como canal de retorno para la TdT.

|           | 2006    | 2007    | 2008    | 2009    |
|-----------|---------|---------|---------|---------|
| Amazonas  | 6.820   | 7.951   | 7.601   | 7.874   |
| Ancash    | 69.580  | 76.769  | 81.575  | 87.510  |
| Apurimac  | 8.152   | 8.942   | 9.847   | 11.042  |
| Arequipa  | 132.878 | 145.929 | 157.785 | 166.309 |
| Ayacucho  | 18.547  | 20.824  | 21.521  | 22.293  |
| Cajamarca | 36.181  | 39.611  | 43.564  | 47.494  |
| Cusco     | 54.812  | 59.524  | 64.296  | 68.725  |

|                   |                  |                  |                  |                  |
|-------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| Huancavelica      | 4.977            | 5.287            | 5.601            | 6.643            |
| Huánuco           | 17.765           | 20.042           | 21.524           | 25.085           |
| Ica               | 63.326           | 69.095           | 75.479           | 75.028           |
| Junín             | 79.190           | 89.878           | 95.884           | 95.301           |
| La Libertad       | 154.265          | 170.207          | 182.634          | 196.250          |
| Lambayeque        | 90.283           | 102.938          | 111.312          | 124.852          |
| Lima y Callao     | 1.777.345        | 2.014.950        | 2.174.594        | 2.216.980        |
| Loreto            | 42.919           | 53.566           | 61.568           | 67.247           |
| Madre de Dios     | 3.902            | 4.710            | 6.468            | 7.022            |
| Moquegua          | 14.030           | 15.813           | 15.311           | 15.341           |
| Pasco             | 6.134            | 7.558            | 8.250            | 7.627            |
| Piura             | 107.601          | 127.499          | 128.684          | 142.066          |
| Puno              | 31.537           | 34.746           | 37.310           | 41.318           |
| San Martín        | 26.039           | 29.905           | 34.456           | 35.865           |
| Tacna             | 32.198           | 34.450           | 29.150           | 31.045           |
| Tumbes            | 11.744           | 14.316           | 14.046           | 13.564           |
| Ucayali           | 22.711           | 25.925           | 29.097           | 38.123           |
| <b>Total Perú</b> | <b>2.812.936</b> | <b>3.180.435</b> | <b>3.417.557</b> | <b>3.550.604</b> |

Tabla 3.1 – Redes de Telefonía fija instalada por departamentos

Según [41]; la distribución territorial de la provisión del servicio, se observa que en términos del número de líneas en servicio, el departamento de Lima incluida la provincia constitucional del Callao, concentra el 63.11% del total nacional, presentando así una teledensidad de 18.5 líneas por cada 100 habitantes. Le siguen en orden los departamentos de Arequipa y La Libertad con densidades iguales a 11.8 y 9.4 respectivamente. En la Figura 3.2 se muestra la evolución de la telefonía fija a nivel nacional.

Respecto a las tecnologías de acceso al servicio, a marzo de 2010, el 76,54% de las líneas tienen acceso por medio de tecnología alámbrica, el 23.37% tiene acceso por medio inalámbrico y el 0.09% restante por medio satelital. Por otro lado, a marzo de 2010, se tienen 1,266 distritos con disponibilidad del servicio.

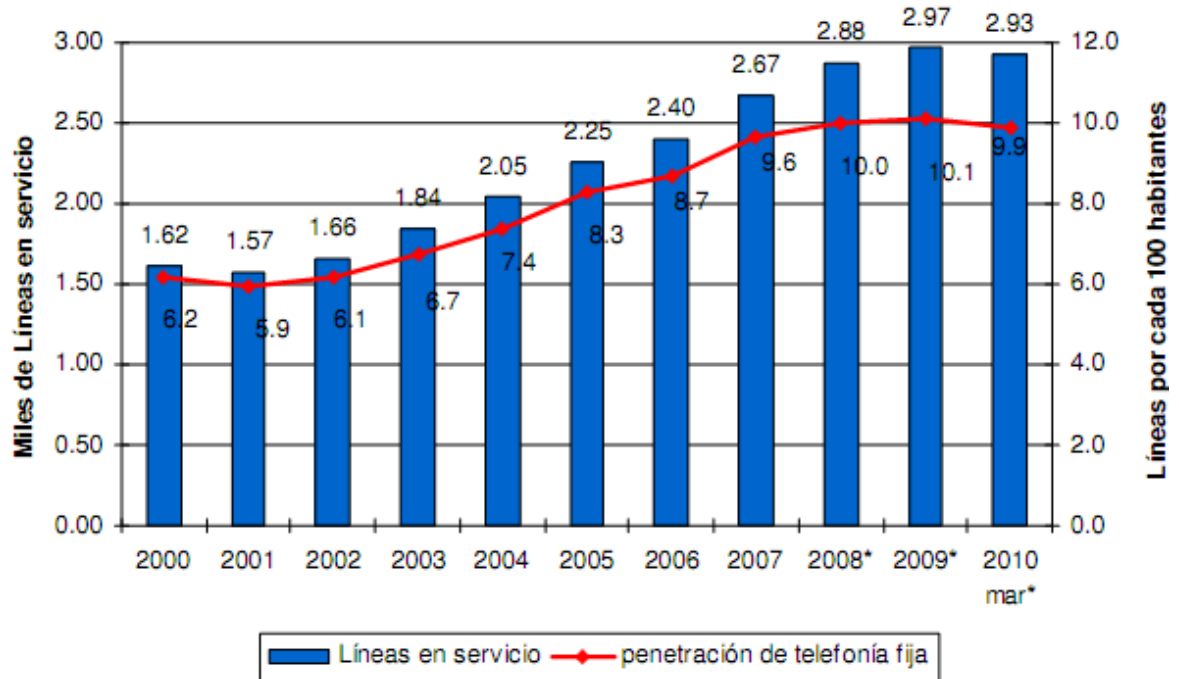


Figura 3.2 – Evolución de la Telefonía fija

Una de las alternativas para el acceso a Internet se realiza a través de una conexión Dial Up utilizando la red telefónica (redes de telefonía fija analógica). La topología de red básica se muestra en la Figura 3.3, donde para el acceso a Internet se utiliza un módem en conexión Dial Up entre el cliente y el servidor proxy que realizará la autenticación en el lado del ISP (Proveedor de Servicios a Internet).

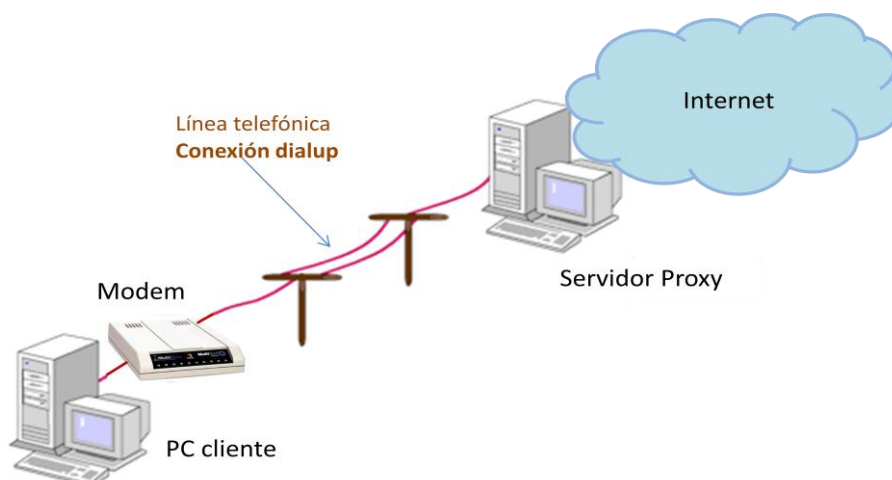


Figura 3.3 – Conexión Dial Up utilizando la línea de Telefonía

Entre las ventajas que presenta la red telefónica, es la cobertura a nivel nacional, y en muchas ciudades de pocas densidades poblacionales y aisladas de otros servicios, es el único medio de acceso a Internet.

Entre las desventajas se tiene una baja tasa de transferencia; el tiempo para establecer una conexión con el ISP e iniciar la transferencia de datos es grande (hasta decenas de segundos); y en algunos casos la conexión y el tiempo de realización de la conexión con el ISP son cobrados por la empresa de telecomunicaciones que provee a línea telefónica.

A la fecha (octubre 2010) este servicio viene decreciendo en el número de conexiones instaladas, a consecuencia de la proliferación de las tecnologías de transporte de banda ancha a nivel del Perú; predominado el acceso al Internet a través de la tecnología ADSL.

### **3.3 Red Digital de Servicios Integrados – RDSI**

A diferencia de las RTPC, son líneas digitales de extremo a extremo. El RDSI es un servicio que exige una gran inversión por el alquiler de la línea que llega de la central hasta los hogares de los usuarios. Y debido a su alto costo imposibilita la implantación de este sistema en multitud en el mercado peruano. Actualmente esta tecnología ha sido desplazada por las tecnologías vigentes basadas en protocolo IP.

Entre las ventajas de la tecnología RDSI tenemos: conexión permanente; alta tasa de transferencia de datos; posibilidad de interoperación con otros dispositivos de comunicación (fax, computadores, teléfonos, etc.). Entre las desventajas tenemos: la baja penetración en los hogares y actualmente desplazado por la tecnología IP. En la Figura 3.4 se muestra la topología básica de RDSI; donde la central RDSI conecta los terminales de voz, data y video, y estos son conectados a las redes de paquetes conmutados, redes de circuitos conmutados y otras redes.

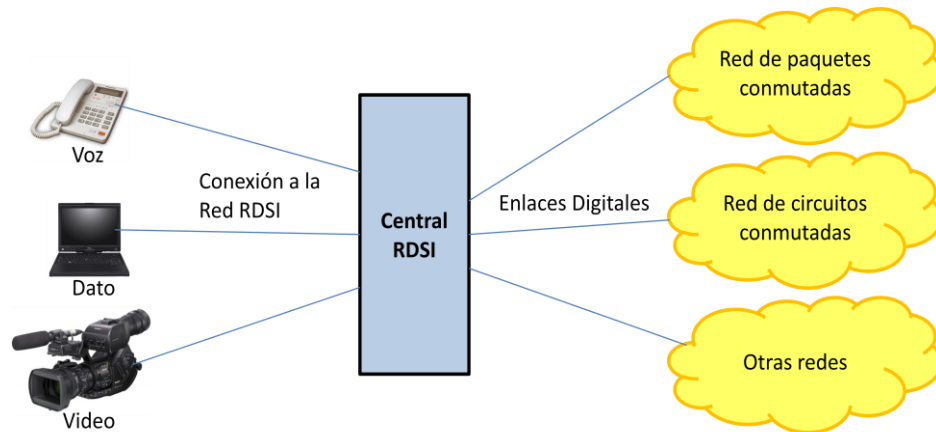


Figura 3.4 – Topología básica del RDSI

### 3.4 Línea de Abonado Digital Asimétrica – ADSL

El ADSL (*Asymmetric Digital Subscriber Line*, Línea de Abonado Digital Asimétrica) es una tecnología que utiliza la línea telefónica convencional (RTPC). La tecnología permite la instalación de módems que permiten la transmisión de datos a través del medio par trenzado. Con el uso de los módems en lado del usuario y en el lado de la central se aprovechan las altas frecuencias no usadas por los sistemas de telefonía, para ser utilizados para el tráfico de datos; la señal de voz es transmitida en un espectro diferente y no interfiere a los datos generados por el módem ADSL.

El nivel de desempeño del ADSL tiende a ser afectado por la calidad de la infraestructura de la red y por la cantidad de usuarios. Si la calidad de la red es “pobre”, las velocidades serán mas bajas o el servicio puede ser imposibilitado. En la Tabla 3.2 se mencionan las variantes de la familia DSL (*Digital Subscriber Line*, Línea Digital de Abonado), con las respectivas velocidades y distancias.



| Variantes de DSL   | Descripción                                 | Velocidad  | Distancia (m) |
|--------------------|---|--|---------------|
| ADSL Lite (G Lite) | Asymmetric Digital Subscriber Line          | 1.5 Mbps para <i>downstream</i> (calidad de vídeo VHS) e 384 Kbps para <i>upstream</i>                   | 7.100 a 8.100 |
| ADSL               | Asymmetric Digital Subscriber Line          | Entre 1.5 e 8 Mbps para <i>downstream</i> (calidad de vídeo de difusión) y 640 Kbps para <i>upstream</i> | 3.900 a 5.800 |
| HDSL               | High Data Rate Digital Subscriber Line      | 1.544 o 2.084 Mbps/Full duplex (calidad de vídeo VHS)  | 3.900 a 4.800 |
| SDSL               | Single Line Digital Subscriber Line         | 1.544 o 2.084 Mbps/Full duplex (calidad de vídeo VHS)  | 3.200         |
| VDSL               | Very High Data Rate Digital Subscriber Line | Entre 13 y 55 Mbps para <i>downstream</i> y entre 1.5 y 2.3 Mbps para <i>upstream</i>                    | 300 a 1.500   |

Tabla 3.2 – Variantes del DSL, velocidad y distancia.

Entre las ventajas del ADSL tenemos: fácil implementación debido la interoperación con las redes RTPC ya instaladas; buena tasa de transferencia de datos. Entre las desventajas tenemos: necesidad de un modem (que relativamente tiene costo elevado considerando los ingresos de la mayoría del población de nuestro país) en el lado del usuario; necesidad de la existencia de un DSLAM (*Digital Subscriber Line Access Multiplexer*, Multiplexor de acceso a la línea digital de abonado) en la central telefónica. El DSLAM normalmente es instalado en lugares o ciudades de mayor densidad poblacional; en lugares como las zonas rurales o comunidades con población de bajos ingresos económicos, no será implementado por los operadores de telecomunicaciones, debido a que no recuperarían su inversión estimada.

A la fecha (2009) el uso de la tecnología ADSL se ha proliferado de manera masiva en el Perú a diferencia de otras tecnologías de conectividad, según los datos estadísticos proporcionado por el OSIPTEL [41], en la Tabla 3.3 se muestra el servicio instalado con la tecnología ADSL.

| Tecnología de Acceso                   | Tipo de Suscriptor |                |                |            | Total       |
|--|--------------------|----------------|----------------|------------|-------------|
|  | Residencial        | Empresarial    | Cabina Pública | Otros      |             |
| ADSL                                   | 728.061            | 30.357         | n.d.           | 0          | 758.418     |
| ADSL: 128/64 kbps                      | 33.524             | 0              | 0              | 0          | 33.524      |
| ADSL: 256/128 kbps                     | 260.187            | 0              | 0              | 0          | 260.187     |
| ADSL: 512/128 kbps                     | 420.253            | 8.251          | n.d.           | 0          | 428.504     |
| ADSL: 2048/300 kbps                    | 14.042             | 0              | n.d.           | 0          | 14.042      |
| ADSL: Rango de velocidad no disponible | 55                 | 22.106         | 0              | 0          | 22.161      |
| Cablemódem                             | 33.006             | 1.733          | 0              | 0          | 34.739      |
| WAP                                    | n.d.               | 265.913        | 0              | 0          | n.d.        |
| Otros <Paquet Data, IS-95B, Ethernet>  | 742                | 1.168          | 0              | 242        | 2.152       |
| <b>TOTAL OTRAS TECNOLOGÍAS</b>         | <b>n.d.</b>        | <b>299.171</b> | <b>n.d.</b>    | <b>242</b> | <b>n.d.</b> |

Tabla 3.3 – Servicio instalado con tecnología ADSL

Con respecto el acceso al Internet de Banda Ancha fija [41], la tecnología ADSL es la más usada para ofrecer este tipo de servicio, seguida del cable-Módem. Otras tecnologías incluyen conexiones fijas inalámbricas como WiMAX y conexiones de fibra u otras tecnologías de líneas dedicadas. En la Figura 3.5 se muestra la evolución del número de conexiones fijas, observándose que las tecnologías de Banda Ancha han desplazado gradualmente a las de banda angosta (Dial-up).

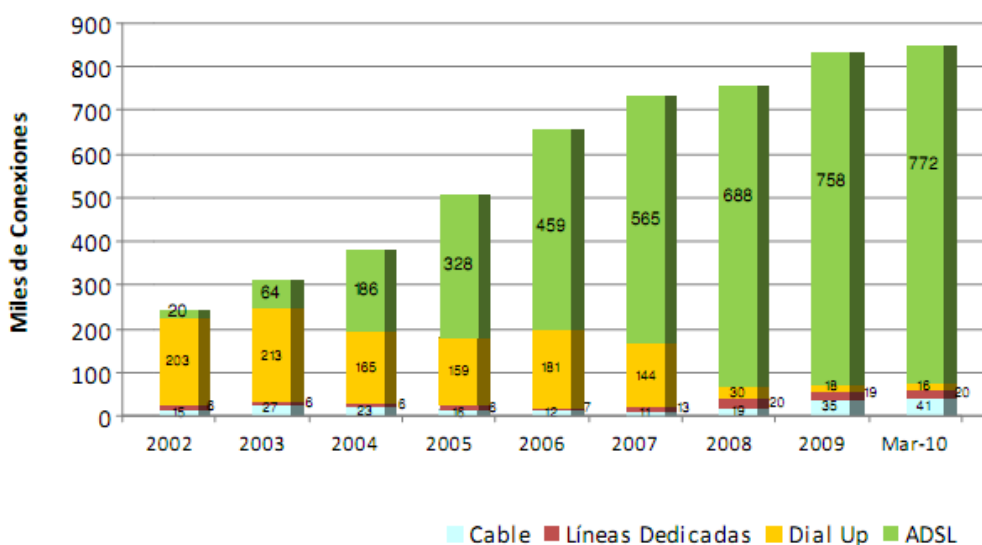


Figura 3.5 – Evolución de acceso a Internet (conexiones fijas)

De otro lado, en la Figura 3.6, en relación a la evolución de las velocidades del acceso a Internet con tecnología ADSL, se observa que las velocidades de hasta 128 Kbps, y entre 256 Kbps y 511 Kbps, empezaron a disminuir a partir del año 2006 y del año 2008, respectivamente; siendo que a la fecha (2009), las conexiones con velocidades entre 512 Kbps y 2047 Kbps son las que mayor incremento han experimentado. En general, en el mercado se observa la tendencia a dejar de lado las velocidades de bajada inferiores a los 512 Kbps y a contratar servicios de velocidades cada vez mayores.

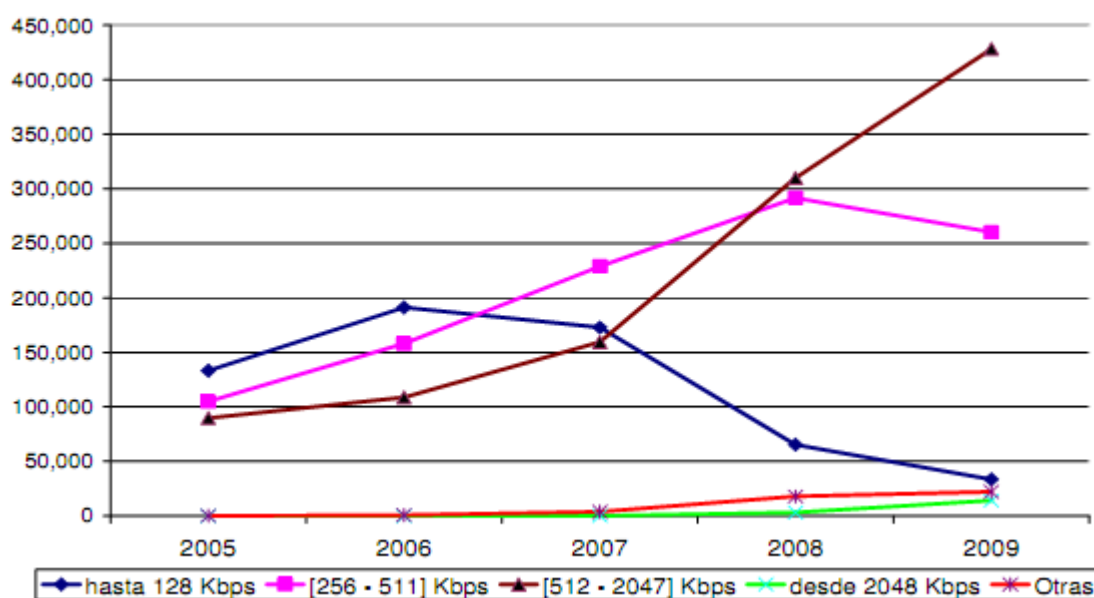


Figura 3.6 – Evolución del número de conexiones ADSL por velocidad

La utilización del ADSL como canal de retorno puede ser realizado de dos maneras: a) a través de la instalación de una infraestructura específica, y que se torna inviable en función al costo de la instalación b) a través del uso de servicios prestados por las operadoras de telecomunicaciones regionales. A la fecha Telefónica del Perú a través del servicio *Speedy* es líder en brindar el servicio con la tecnología ADSL, pero en lugares de poca densidad poblacional, no se encuentra instalado dicho servicio. El problema con respecto al ancho de banda presenta restricciones (solo garantizan normalmente el 10% del ancho de banda total en horas “punta”). Este aspecto tiene

que ser negociadas directamente con la operadora, el que ciertamente elevaría el costo del servicio a niveles poco accesible para población de bajos ingresos. En la Figura 3.7 se muestra la topología de red de la tecnología ADSL, como se observa los elementos de esta red son el módem ADSL en el lado del usuario o abonado, el FS (Filtro separador o *splitter*) que cumple la función de separar la voz y la data, y el DSLAM que se encuentra en lado de la central.

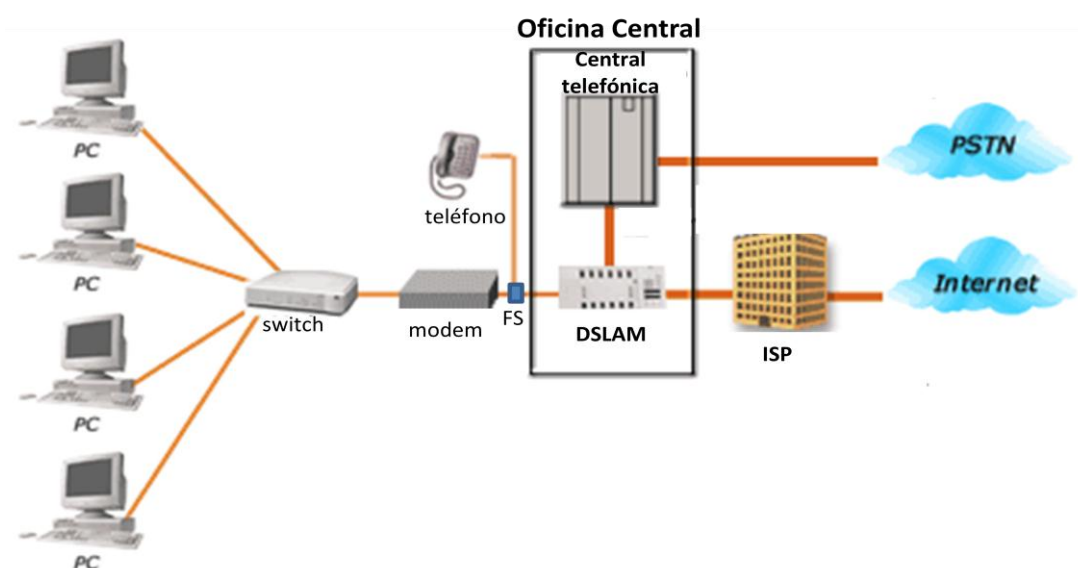


Figura 3.7 – Topología básica de la tecnología ADSL

### 3.5 Televisión por Cable – CATV

Según los datos estadísticos proporcionado por el OSIPTEL [41] y [42], en la Figura 3.8 se muestra las redes de CATV instaladas; donde se observa que en Lima-Callao existen a la fecha (2009) 664,709 y en resto de provincias 294,293 abonados instalados.

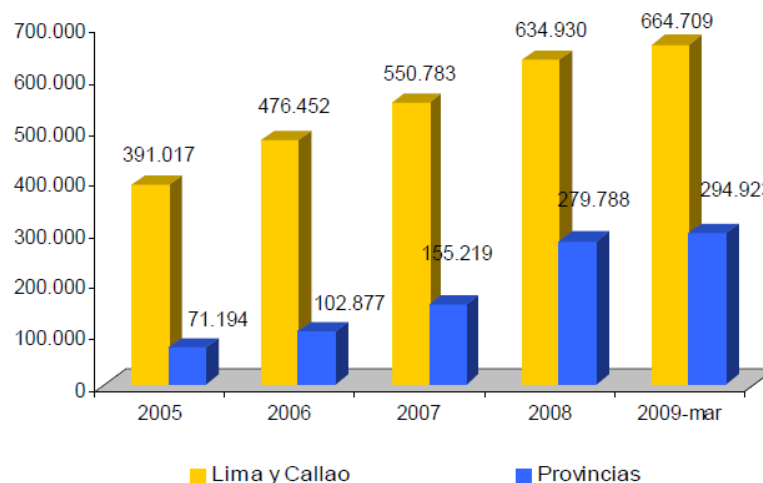


Figura 3.8 – Evolución de abonados de CATV según ámbito geográfico

El servicio CATV, conocido también como Televisión por suscripción, Televisión de paga, es prestado en el Perú de forma inalámbrica a través de tecnología satelital, y de forma alámbrica, a través de redes híbridas con cables coaxiales y de fibra óptica HFC (*Hybrid Fibre Coaxial*, Híbrido de Fibra y Coaxial), o en algunos casos sólo con cables coaxiales.

La evolución de este servicio, como se muestra en la Figura 3.9, en el primer trimestre del 2010 se contaba con 1'053,525 suscriptores, cifra que corresponde a una teledensidad a nivel país de 3.58%.

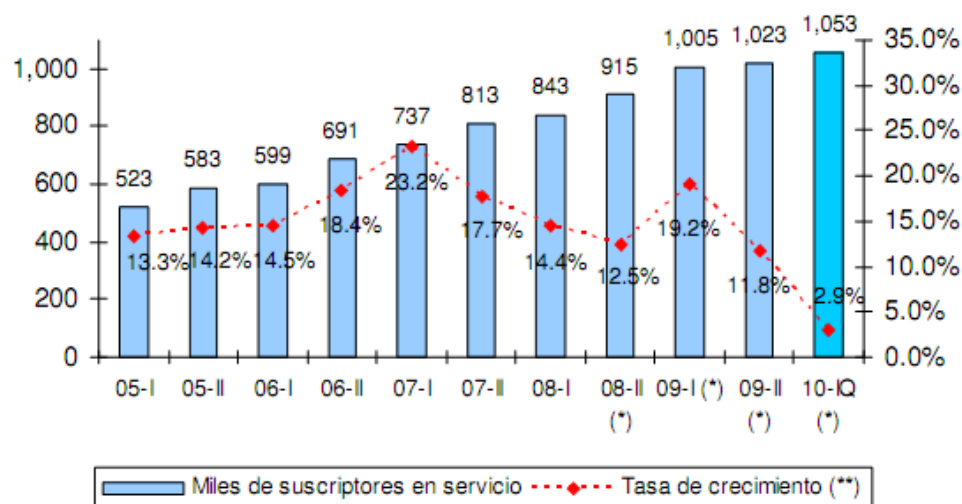


Figura 3.9 – Evolución de la CATV

En un proyecto de la organización *CableLabs* para el envío de datos en redes de transmisión de redes CATV se siguen las especificaciones del DOCSIS [34] (*Data Over Cable Service Interface Specification*, Especificación de Interfaz para Servicios de Datos sobre Cable). Entre las ventajas de transmisión de datos sobre la red CATV son: alta tasa de transferencia, alto nivel de calidad de servicio. Entre las desventajas tenemos: alto costo para instalación de las redes; cobro de tasas mensuales para la utilización del servicio; instalación bajo demanda, en algunos localidades reciben sólo la instalación del cable (solo transmisión de señal de televisión, más no datos), debido a la densidad poblacional baja; por lo tanto no existe rentabilidad en estos lugares para los operadores de telecomunicaciones.

Esta tecnología, es una alternativa más para ser usado como canal de retorno para usuarios que cuentan con este servicio para el acceso a Internet, normalmente este servicio tiene mayor demanda en ciudades urbanas; en lugares, como las zonas rurales solo se tiene acceso a los imágenes de televisión, mas no el acceso a Internet. En la Figura 3.10 se muestra la topología de red CATV; donde se observa los elementos, como el CMTS, se encuentra normalmente en la cabecera de la compañía de cable y se utiliza para proporcionar servicios de datos de alta velocidad, como Internet por cable a través de una red HFC; el modem o cablemodem se encuentra en lado del usuario y se utiliza para el acceso a Internet.

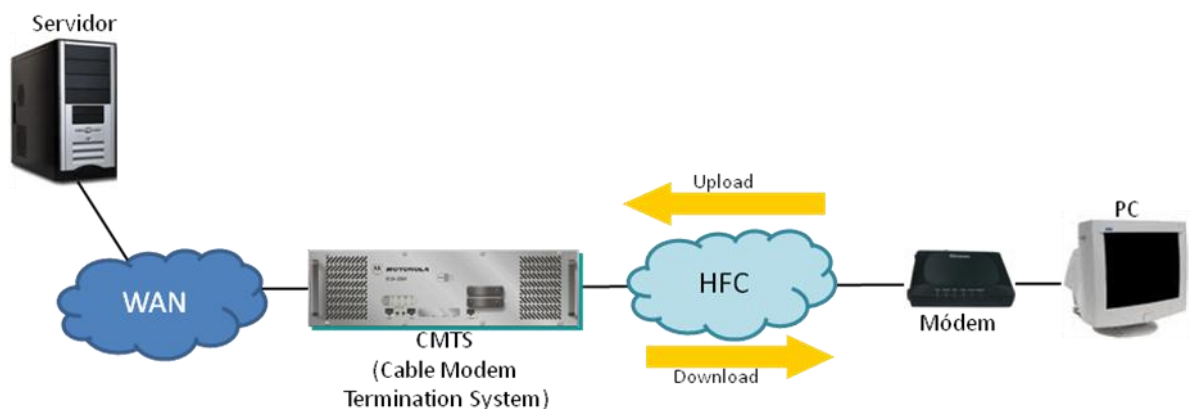


Figura 3.10 – Topología de red CATV con DOCSIS

### 3.6 Comunicaciones inalámbricas – WiFi/WiMAX

Las redes inalámbricas WiMAX IEEE 802.16 [43] y WiFi IEEE 802.11 son alternativas tecnológicas para el canal de retorno. Entre las ventajas tenemos: el hecho de ser una red inalámbrica facilita la instalación en los hogares de los usuarios; alta tasa de transferencia, pero puede ser limitado si la misma banda se divide por un número muy grande de usuarios; permite el uso de canal de retorno en los dispositivos móviles mientras están en movimiento. Entre las desventajas tenemos: los equipos o accesorios en el lado del terminal que se utiliza para conectarse a la red, aumenta su costo considerablemente. En la Figura 3.11 se muestra los “hot spots” instalados en Lima [44], que brinda el servicio de conexión inalámbrica a Internet de banda ancha. Los “hot spots” son lugares públicos de acceso a Internet, que normalmente están instalados en los hoteles, aeropuertos y en otros lugares; estas instalaciones utilizan la tecnología WiFi en la banda 2.4 Ghz.

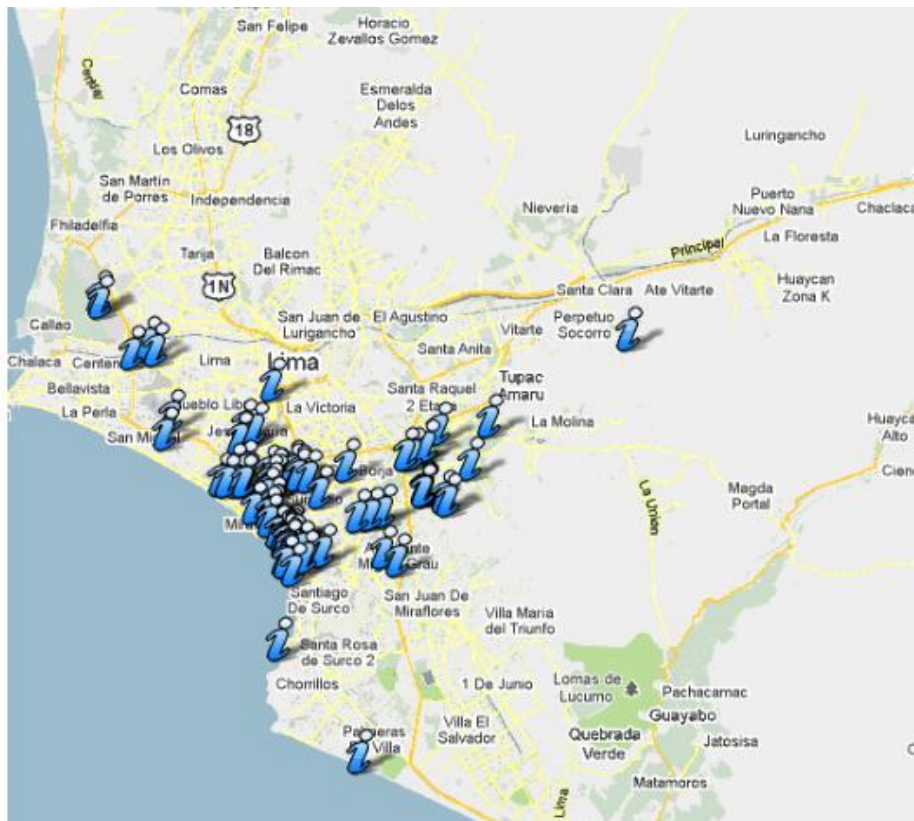


Figura 3.11 – Mapa WiFi en Lima Metropolitana

Dentro de la tecnología inalámbrica WiFi, una de las alternativas es la operación de la red en modo Ad Hoc [45]. Las redes Ad Hoc no necesitan de ninguna infra-estructura pre-instalada. En una red Ad Hoc, los nodos se comunican directamente unos con los otros, cooperando para el funcionamiento de la red. Otra característica de las redes Ad Hoc inalámbricas es que cada nodo está limitado la comunicación solamente dentro de su radio de alcance. Es posible establecer redes de múltiples saltos, donde todos los nodos actúan como ruteadores. Esta alternativa tecnológica para el canal de retorno, es adecuado para escenarios o lugares donde exista alta densidad poblacional; donde los domicilios (hogares de los telespectadores) están físicamente ubicadas de manera continuo. En la Figura 3.12 se muestra la topología de una red Ad Hoc.

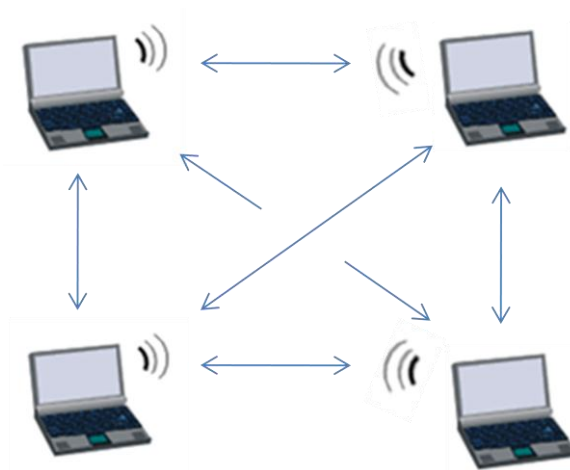


Figura 3.12 – Topología Ad Hoc

Para escenarios con poca densidad poblacional, como los hogares que están físicamente separadas, se recomienda una red inalámbrica, configurado en modo AP (*Access Point*), como se muestra en la Figura 3.13.



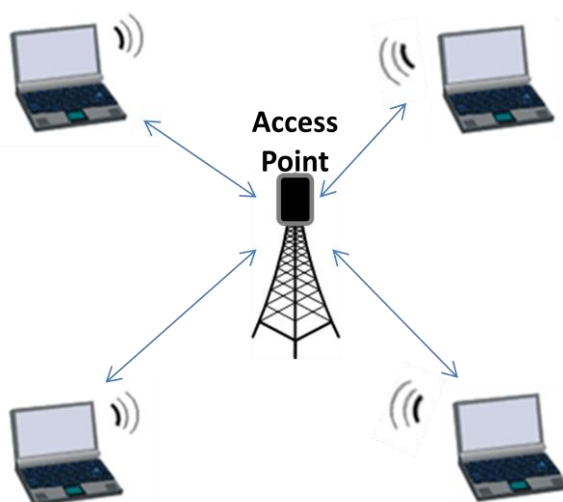


Figura 3.13 – Topología Access Point

A la fecha en nuestro País, existe una proliferación masiva de manera informal de enlaces WiFi para el acceso a Internet; estas redes operan en la banda de frecuencias sin licencia ISM (*Industry, Scientific, Medical*) de 2.4 Ghz y 5.8 Ghz. Estos enlaces con tecnología WiFi son básicamente extensiones del ADSL para el acceso a Internet. De acuerdo a las mediciones realizadas con la herramienta *NetStumbler*, por cada 1Km de radio de cobertura existen un promedio de 20 AP que brindan servicio de Internet a través de la tecnología inalámbrica, como se muestra en la Figura 3.14.

AP Count: 21

| ID | BSSID             | SSID                             | Signal | Channel | Security | Choose                  |
|----|-------------------|----------------------------------|--------|---------|----------|-------------------------|
| 1  | 00-23-CD-1A-D1-77 | S/. 40 JL Moviles Telf.356-1187  | 36 dB  | 11      | OFF      | <a href="#">Connect</a> |
| 2  | 00-15-6D-5C-C3-30 | 994285681SUPER ATHEROS B+G+A     | 25 dB  | 11      | ON       | <a href="#">Connect</a> |
| 3  | 00-02-6F-55-07-D0 | 994285681 SANTA CLARA RED        | 17 dB  | 11      | ON       | <a href="#">Connect</a> |
| 4  | 00-26-ED-78-9F-55 | davilmar                         | 2 dB   | 11      | ON       | <a href="#">Connect</a> |
| 5  | 00-1B-9E-A4-A2-C8 | acastro 3563024                  | 3 dB   | 11      | OFF      | <a href="#">Connect</a> |
| 6  | 00-27-19-16-DC-A0 | DIN_OES (500_1000) 992189992     | 3 dB   | 1       | ON       | <a href="#">Connect</a> |
| 7  | 00-02-6F-61-8B-B5 | INTERNET SANCHEZ 992268312(S/40  | 16 dB  | 1       | ON       | <a href="#">Connect</a> |
| 8  | 00-02-6F-79-95-23 | SAN ALBERTO 992189992            | 27 dB  | 1       | ON       | <a href="#">Connect</a> |
| 9  | 00-15-6D-1C-4C-B4 | POWER SPEEDY 997485811           | 8 dB   | 1       | ON       | <a href="#">Connect</a> |
| 10 | 00-27-19-D0-17-B2 | GRATIS (992268312) (985597384) t | 14 dB  | 6       | ON       | <a href="#">Connect</a> |
| 11 | 00-04-ED-A2-27-B9 |                                  | 12 dB  | 6       | OFF      | <a href="#">Connect</a> |
| 12 | 00-26-ED-6D-13-12 | WLAN_1312                        | 5 dB   | 6       | ON       | <a href="#">Connect</a> |
| 13 | 06-02-6F-62-0E-19 | 994441742 con Clientes Limitados | 7 dB   | 13      | OFF      | <a href="#">Connect</a> |
| 14 | 00-27-19-16-DC-3E | APUnet                           | 10 dB  | 13      | ON       | <a href="#">Connect</a> |
| 15 | 0E-02-6F-62-0E-19 | Inst. en 24h, 3517925 S/50 mes   | 10 dB  | 13      | OFF      | <a href="#">Connect</a> |
| 16 | 0A-02-6F-62-0E-19 | Llame ya al 994441742, 996952607 | 10 dB  | 13      | OFF      | <a href="#">Connect</a> |
| 17 | 00-02-6F-74-A7-A7 | 999211957POWER MAX428*5681       | 21 dB  | 4       | ON       | <a href="#">Connect</a> |
| 18 | 1C-AF-F7-01-0D-9B | CORPORACION NETWORK 999211957    | 16 dB  | 8       | ON       | <a href="#">Connect</a> |
| 19 | 00-1F-1F-19-C6-A7 | KarLex_WIFI_998663829            | 36 dB  | 9       | ON       | <a href="#">Connect</a> |
| 20 | 00-1F-1F-20-B9-FB | DOTINA                           | 2 dB   | 9       | ON       | <a href="#">Connect</a> |
| 21 | 00-23-CD-FE-83-6D | Jose996665057                    | 17 dB  | 10      | ON       | <a href="#">Connect</a> |

Refresh

Terminado

Figura 3.14 – Lista de Access Point en la Comunidad Santa Clara-Ate

De acuerdo a las experiencias de Brasil [46], las tecnologías WiFi/WiMAX lideran, como alternativas a ser considerados como canal de retorno para lugares y/o comunidades que cuentan para el acceso a Internet por medio del ADSL u otra tecnología de manera limitada. Para la geografía de nuestro País es recomendado utilizar estas tecnologías, sobre todo para las zonas rurales, donde no existe una infraestructura de telecomunicaciones, o no son cubiertas por estas tecnologías.

### 3.7 Comunicaciones Móviles

La tecnología utilizadas por las operadores de Telecomunicaciones móviles (celulares) en el Perú son: CDMA (*Code division multiple Access*, Acceso Múltiple por División de Código), El GSM (*Global System for Mobile Communications*, Sistema Global para las Comunicaciones Móviles),

iDEM (*Integrated Digital Enhanced Network*, Red Mejorada Digital Integrada), estándar interno 95 (IS95).

Según los datos estadísticos proporcionado por el MTC [38], en la Figura 3.15 se muestran la distribución de líneas móviles en servicios por departamentos (2009). Como se observa en Lima y Callao son de 11'012,770 líneas. Esta cifra nos indica una referencia que en algunos lugares se utilizará esta tecnología como canal de retorno para receptores fijos, móviles y/o portátiles.

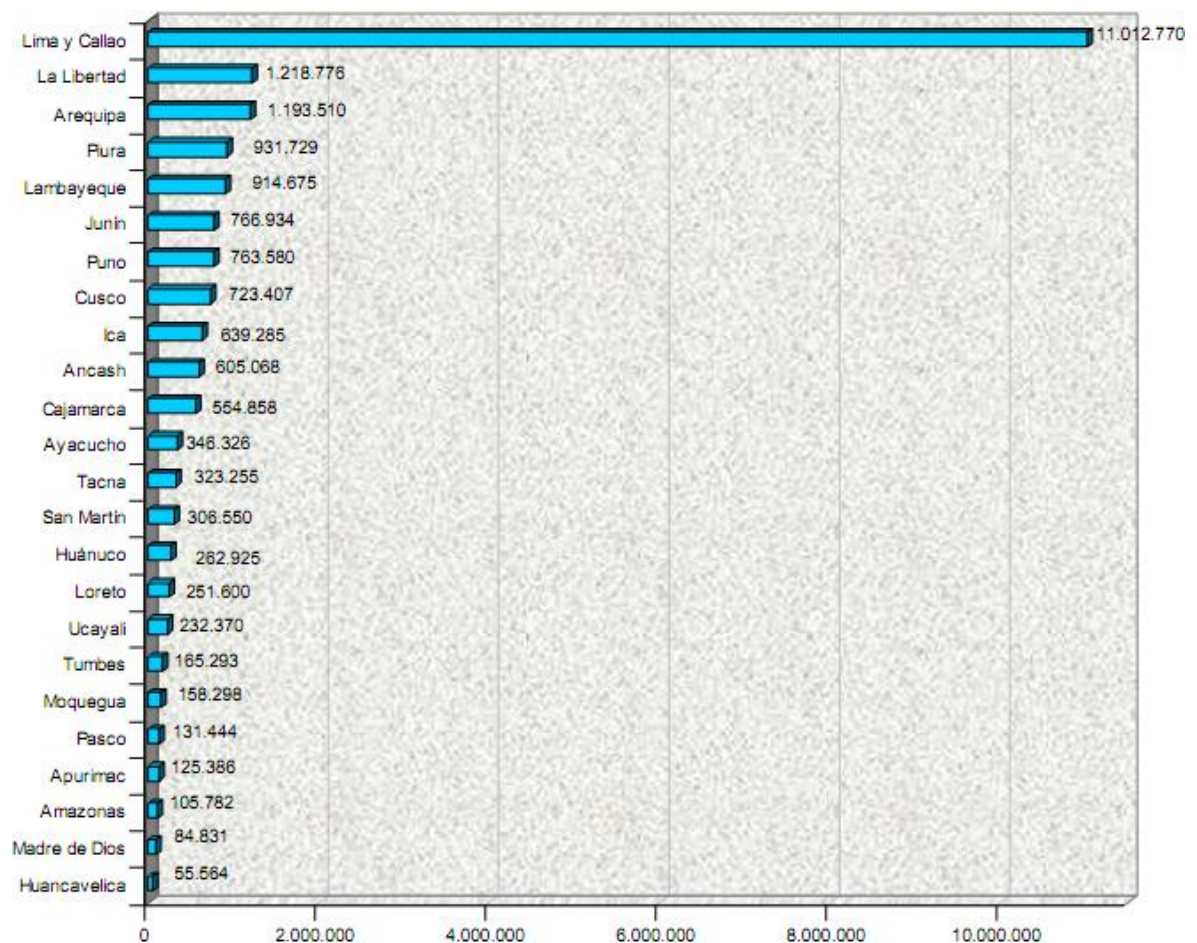


Figura 3.15 – Distribución de Líneas Móviles en Servicio por Departamento

Según [41]; en relación a la distribución geográfica, el departamento de Lima y Callao concentra el 47.99% del total de líneas y le siguen los departamentos de La Libertad y Arequipa con 5.58% y 5.45% del total de líneas a nivel nacional, respectivamente.

Sobre las tecnologías de acceso al servicio móvil, el 92.66% tiene acceso mediante la tecnología GSM, el 3.92% mediante CDMA (incluye WCDMA) y el 3.42% a través de iDEN. A finales de marzo de 2010, todos los operadores móviles ofrecían servicios de Banda Ancha móvil por medio de la tecnología 3G.

Como se muestra en la Figura 3.16, en los últimos años, el número de usuarios prácticamente se ha triplicado, mientras que la cobertura alcanza actualmente un 83.2% del territorio nacional (de 183,429 distritos existentes en el Perú, se cuenta con cobertura en 1,526 distritos).

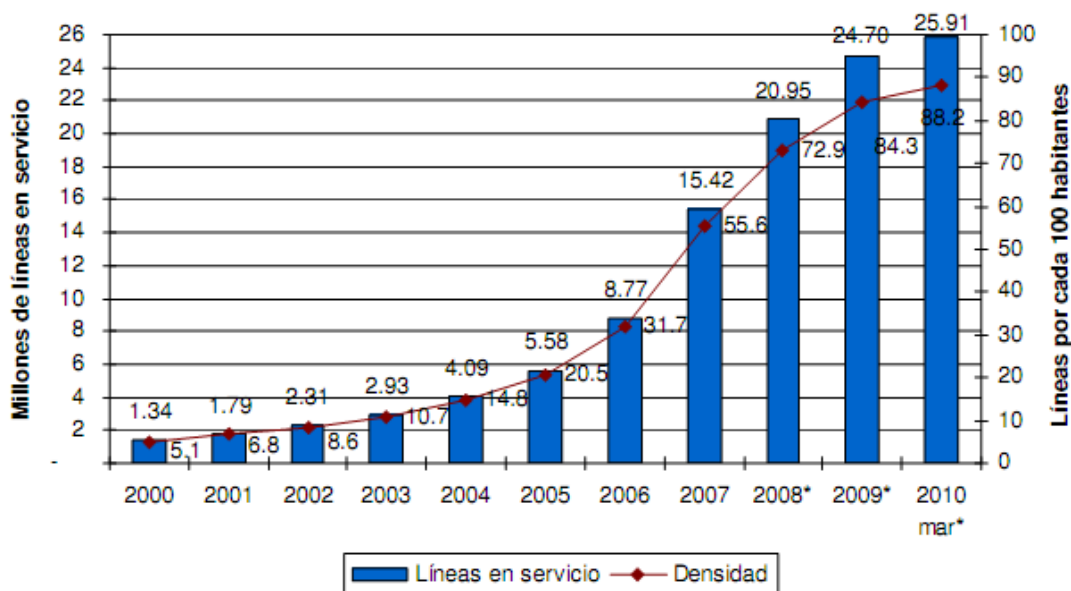


Figura 3.16 – Evolución del servicio móvil

Con respecto al servicio de Banda Ancha móvil, es prestada principalmente a través de las tecnologías UMTS/HSPA (también conocidas como 3G y 3.5G), utilizando la infraestructura de las redes móviles convencionales 2G. Si bien la tecnología WiMAX permite desplegar servicios de acceso móvil, esta facilidad aún no ha sido implementada por ningún operador en nuestro país.

La información disponible sobre la Banda Ancha móvil muestra que cada vez más usuarios adquieren este servicio. En la Figura 3.17, según información reportada por los operadores

móviles al MTC, a marzo de 2010 se cuenta con 124,558 conexiones de Banda Ancha móvil, cifra que representa el 12.96% del total de conexiones de Banda Ancha (Como se ha señalado previamente, no se consideran las tecnologías GPRS y EDGE).

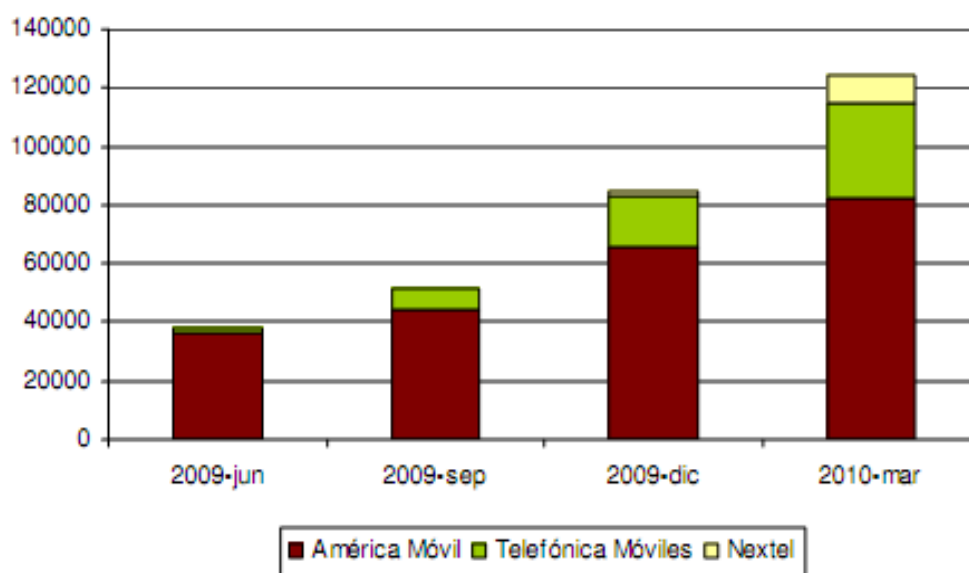


Figura 3.17 – Evolución de la Banda Ancha Móvil

Entre las ventajas de las comunicaciones móviles podemos indicar, una red muy difundida en el mercado peruano a diferencia de otras tecnologías de comunicación; bajo costo para la instalación para los abonados móviles. Entre las desventajas: baja tasa de transferencia en algunos lugares; alto costo de utilización de las redes; alto costo de la interface (modem/transmisor) para utilización de la red en el terminal de acceso. En la Figura 3.18 se muestra la topología de las comunicaciones móviles.

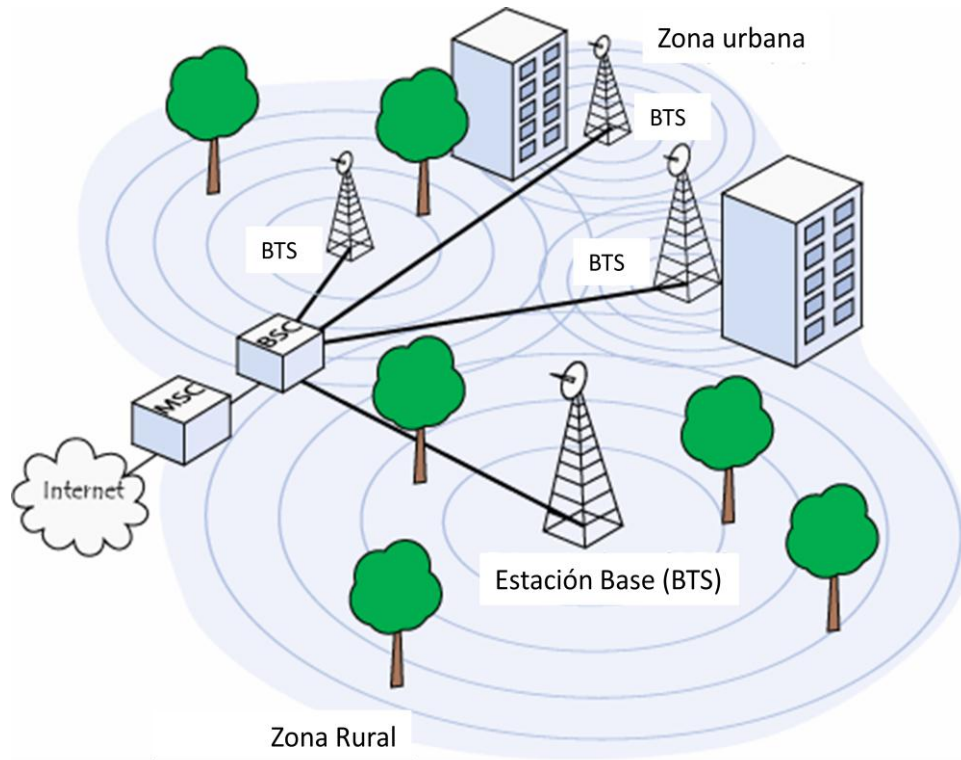


Figura 3.18 – Topología de una red celular

### 3.8 Power Line Communication – PLC

La tecnología PLC [47], utiliza la red de distribución de energía eléctrica como medio de transmisión de señales de comunicación. Entre tanto, para realizar esta transmisión es necesario primero convertir esta señal en la forma en que pueden ser transmitidos por los cables de la red eléctrica. Con este propósito, las redes PLC incluyen algunos elementos específicos que realizan la conversión y la transmisión de la señal a través de las redes eléctricas. En la Figura 3.19 se muestra la topología de la red PLC.

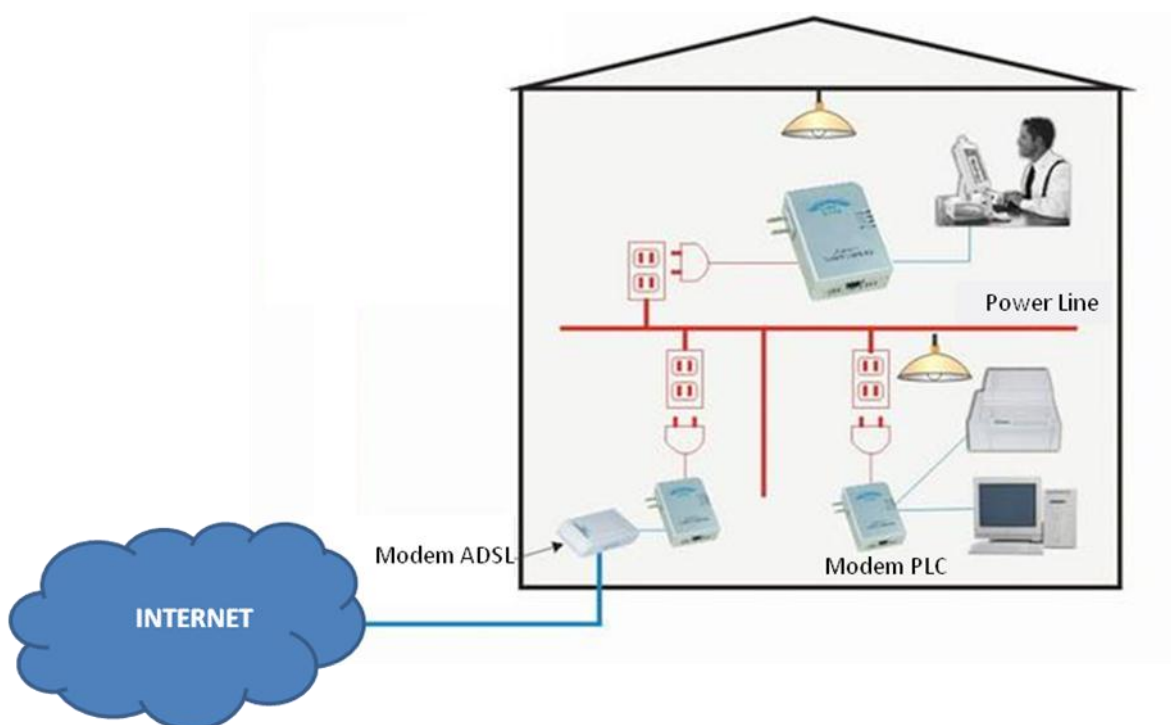


Figura 3.19 – Red Power Line Communication-PLC

Esta tecnología para ser utilizado como canal de retorno para el Perú, es relativamente costosa para su implementación; ya que los equipos como modem, Gateway PLC y entre otros son de costo elevado. Además esta tecnología no presenta casi ninguna demanda por parte de los usuarios finales.

### 3.9 Experiencia Brasileña: Canal de retorno

De acuerdo a la norma ABNT 15607-1 [48], se especifican una diversidad de tecnologías de acceso para el canal de retorno para la TdT. Asimismo se han originado diversos trabajos de investigación por las universidades brasileñas con respecto al canal de retorno en la región amazónica. A continuación se analizan los diferentes planteamientos propuestos:



Aurelio Amodei [49] plantea una solución inalámbrica para el canal de retorno que no requiere ninguna infraestructura para su instalación. La propuesta se basa en el uso del estándar inalámbrico IEEE 802.11 en modo Ad Hoc; donde los nodos (*Set Top Box*) de usuarios participan de manera colaborativa para reenviar los datos. Como resultado de las simulaciones se observan que, en áreas con mayor densidad poblacional es posible obtener el 100% de los nodos conectados, con pocos nodos activos (*Set Top Box* encendido). En áreas con densidad media, es posible obtener conectividad total con cerca de 30% de los nodos activos. En las áreas de baja densidad, como las zonas rurales, la adopción de esta propuesta se muestra insuficiente para garantizar la conectividad de la red. En la Figura 3.20 se muestra la red propuesta por Amodei.

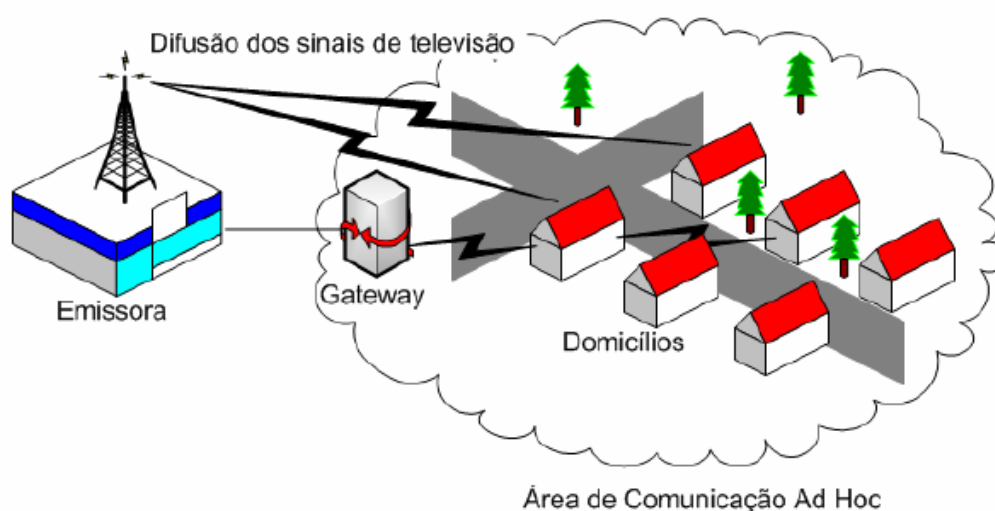


Figura 3.20 – Red interactiva propuesta por Amodei

Fabricio Carvalho [50] propone el canal de interactividad para el Sistema de TdT Brasileño sobre una red PLC (*Power Line Communications*). De acuerdo a los resultados experimentales existe la posibilidad de usar como canal de retorno para una zona residencial, mas no para una comunidad con bajos ingresos o zonas rurales. Las pruebas se realizaron en un ambiente residencial con 3 Mbps. Los resultados no son favorables por el uso de gateway PLC, por el costo elevado de los equipos. En la Figura 3.21 se muestra la red propuesta por Carvalho.



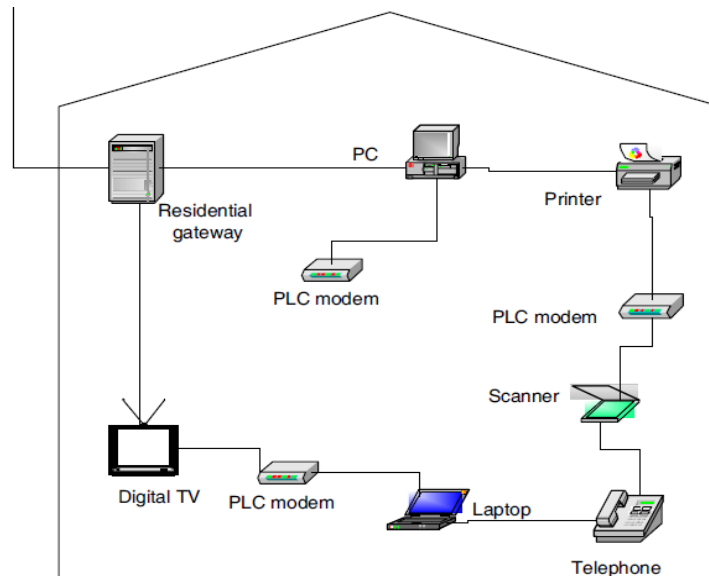


Figura 3.21 – Red interactiva propuesta por Carvalho

Mauro Margalho [51] propone un *framework*, con varios componentes (Proveedor de TV, Proveedor de contenidos, Proveedor de Canal de Retorno y Terminal Interactiva) para el control y gerenciamiento de canal de retorno para TdT, y políticas de priorización con técnicas de calidad de servicio (QoS). Asimismo se evalúan los parámetros de QoS: rendimiento, retardo, variación de retardo y probabilidad de bloqueo. Como resultado de la propuesta concluyen que la alternativa tecnológica para el canal de retorno será diversos; asimismo plantea la existencia de un proveedor de canal de retorno por cada región de Brasil, denominado interactividad regionalizada. En la Figura 3.22 se muestra la red propuesta por Margalho.

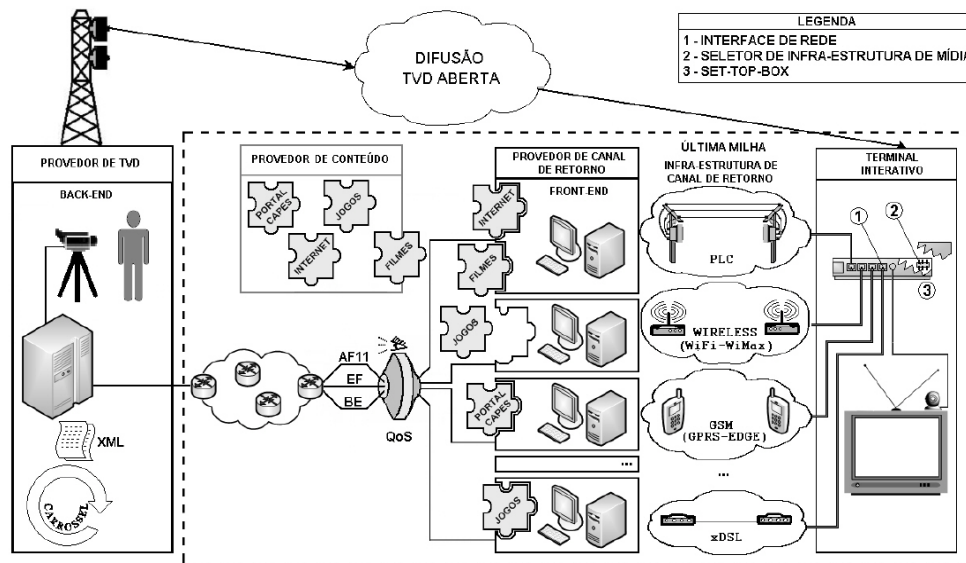


Figura 3.22 – Red interactiva propuesta por Margalho

Anna Verónica [52] propone una solución para una población de bajo ingreso y medio rural, la solución se basa en la tecnología inalámbrica IEEE 802.11 para áreas donde no existe infraestructura de red; según las pruebas realizadas recomiendan utilizar el protocolo de enrutamiento OLSR (*Optimized Link State Routing*) para redes Ad Hoc. Las simulaciones son realizadas para varios receptores de televisión (20 nodos); donde cada nodo está conectado mediante una topología *mesh* (malla). En la Figura 3.23 se muestra la propuesta para el canal de retorno planteado por Verónica.

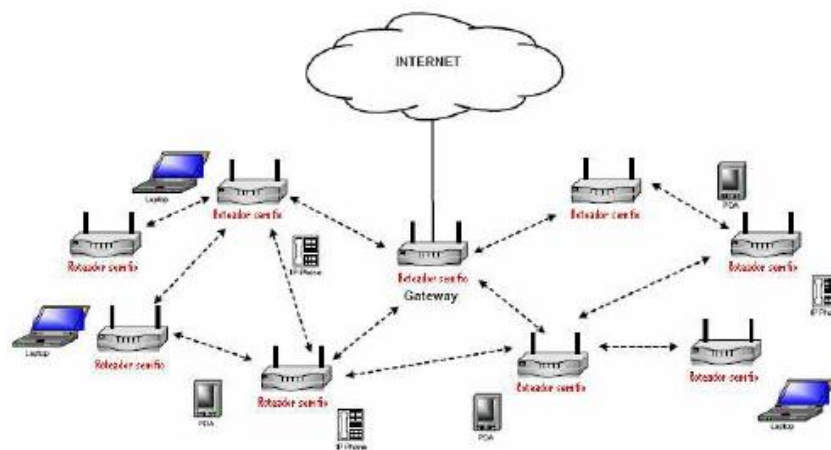


Figura 3.23 – Red interactiva propuesta por Verónica

### 3.10 Tecnologías de la Información y Comunicación en el Perú

La Tecnología de Información y Comunicación (TIC) “juega” un rol importante en el desarrollo de un país; esto involucra el acceso a Internet, comunicaciones móviles, redes de Banda Ancha, tecnologías de conectividad y entre otros. La penetración de las TIC en el Perú, está relacionado por el grado de urbanización: Lima Metropolitana, el Resto Urbano (más de 2000 habitantes) y la Zona Rural (menos de 2000 habitantes). En Lima Metropolitana se tiene el mayor acceso a las TIC; mientras en las áreas menos pobladas, el acceso a las TIC es escaso, por su geografía y por los bajos ingresos económicos, imposibilitando su implementación.

Los indicadores TIC en el Perú [53], manifiestan que los accesos a los servicios de telecomunicaciones son heterogéneos, para el trimestre Enero-Febrero-Marzo del 2010, el 30.5% de los hogares del país disponen de teléfono fijo, el 72.1% cuentan con telefonía móvil (celular), el 24.8% tiene acceso a la televisión por cable, el 23.0% cuenta con computadora y el 12.2% tiene instalado Internet en sus hogares.

#### *Tráfico de acceso a Internet en el Perú*

Con respecto al acceso a Internet, a la fecha con el apoyo del gobierno a través del Ministerio de Transporte y Comunicaciones-MTC (FITEL [13], Fondo de Inversión de Telecomunicaciones) se han implementado diversos proyectos de telecomunicaciones rurales con beneficios sociales. Asimismo el INICTEL-UNI [14] ha implementado diversos establecimientos rurales de Internet, denominados: Establecimientos Rurales de Tecnologías de Información y Comunicación-ERTIC, Telecentros Rurales, Telecentros Rurales Pallasca y Telecentros Rurales Maynas. En la Figura 3.24 se muestra la disponibilidad de acceso a Internet por distritos a nivel nacional [38].



Figura 3.24 – Disponibilidad de servicios de Internet

### *Tecnologías de acceso a Internet en el Perú*

Según la información proporcionada por el OSIPTEL [40], en la Tabla 3.3 se muestra los suscriptores de acceso a Internet según tecnologías de acceso. Como se observa las tecnologías de acceso con mayores suscriptores es la ADSL e inalámbrica.

| Tecnologías de Acceso         |  | 2009           |
|-------------------------------|--|----------------|
| Dial - Up 1/.                 | RTB                                    | 17,999         |
|                               | RDSI                                   | 32             |
|                               | <b>TOTAL DIAL-UP</b>                   | <b>18,031</b>  |
| Líneas Dedicadas Alámbricas   | BW <= 64 kbps                          | 71             |
|                               | 64 < BW <= 128 kbps                    | 300            |
|                               | 128 < BW <= 256 kbps                   | 462            |
|                               | 256 < BW <= 512 kbps                   | 762            |
|                               | 512 < BW <= 1024 kbps                  | 1,299          |
|                               | 1024 < BW <= 2048 kbps                 | 980            |
|                               | BW > 2,048 kbps                        | 525            |
|                               | <b>TOTAL ALÁMBRICOS</b>                | <b>4,399</b>   |
| Líneas Dedicadas Inalámbricas | BW <= 64 kbps                          | 569            |
|                               | 64 < BW <= 128 kbps                    | 739            |
|                               | 128 < BW <= 256 kbps                   | 652            |
|                               | 256 < BW <= 512 kbps                   | 2,606          |
|                               | 512 < BW <= 1024 kbps                  | 6,951          |
|                               | 1024 < BW <= 2048 kbps                 | 3,208          |
|                               | BW > 2048 kbps                         | 326            |
|                               | <b>TOTAL INALÁMBRICOS</b>              | <b>15,051</b>  |
| Otras Tecnologías             | ADSL                                   | 758,418        |
|                               | ADSL: 128/64 kbps                      | 33,524         |
|                               | ADSL: 256/128 kbps                     | 260,187        |
|                               | ADSL: 512/128 kbps                     | 428,504        |
|                               | ADSL: 2048/300 kbps                    | 14,042         |
|                               | ADSL: Rango de velocidad no disponible | 22,161         |
|                               | Cablemódem                             | 34,739         |
|                               | <b>TOTAL OTRAS TECNOLOGÍAS</b>         | <b>793,157</b> |

Tabla 3.3 – Indicadores de acceso a Internet, según tecnologías de acceso

Con respecto, a la Banda Ancha en nuestro país, alcanzó a marzo de 2010 una teledensidad de 3.27% con un total de 960,796 conexiones a nivel nacional, habiendo registrado un 27.65% de crecimiento respecto de marzo de 2009, según los datos reportados por las empresas operadoras al Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

Asimismo, en relación a las tecnologías de acceso empleadas, tenemos que el 87.04% del total de conexiones se prestan a través de la Banda Ancha fija y el 12.96% a través de la Banda Ancha Móvil. En la Tabla 3.4 se muestra las tecnologías de conectividad utilizadas, como medio de acceso a la Banda Ancha.

| Tecnología/Medio de Acceso               | Conexiones de Banda Ancha | Porcentaje (%) |
|--|---------------------------|----------------|
| <b>Banda Ancha fija</b>                  | <b>836,331</b>            | <b>87.04%</b>  |
| ADSL                                     | 772,261                   | 80.37%         |
| Cable-módem                              | 40,753                    | 4.24%          |
| Línea dedicada (alámbrica + inalámbrica) | 15,795                    | 1.64%          |
| WiMAX                                    | 4,771                     | 0.50%          |
| VSAT                                     | 2,083                     | 0.22%          |
| Otros (Inalámbrico fijo)                 | 668                       | 0.07%          |
| <b>Banda Ancha Móvil</b>                 | <b>124,558</b>            | <b>12.96%</b>  |
| <b>Total</b>                             | <b>960,889</b>            | <b>100.00%</b> |

Elaboración: DGRAIC – MTC.  
Fuente: Empresas operadoras

Tabla 3.4 – Número de conexiones de Banda Ancha por tecnología y medio de acceso

De acuerdo de la Tabla anterior, el ADSL lidera el acceso a Internet de Banda Ancha en el mercado peruano; por lo tanto esta alternativa tecnológica se utilizará como canal de retorno para la televisión digital terrestre en la mayoría de la población, en conjunto con las tecnologías móviles, WiFi, WiMAX y entre otros.

### 3.11 Tecnologías adecuadas para el canal de retorno

De acuerdo a los análisis de la infraestructura de las TIC en el Perú, tecnologías de conectividad y la experiencia brasileña con respecto al canal de retorno, ilustradas en las secciones anteriores, las posibles tecnologías para la implementación del canal de retorno, será seleccionada la solución que mejor se adecue a los diferentes escenarios de las regiones del Perú.

En la Tabla 3.5 se ilustra las tecnologías de conectividad, mostrando sus ventajas y desventajas en relación a su uso como canal de retorno.

| Tecnologías | Ventajas  | Desventajas  |
|-------------|---|--|
| Dial Up     | Mayor cobertura a nivel nacional                  | Baja tasa de transmisión, dependencia de las operadoras              |
| RDSI        | Alta tasa de transmisión                          | Costo elevado para el usuario final y tecnología poco usado          |
| ADSL        | Mayor demanda y alta tasa de transmisión          | Dependencia de las operadoras  |
| CATV        | Alta tasa de transmisión                          | Alto costo para instalación de las redes y poca demanda              |
| WiFi        | Bajo costo de implementación                      | Dependencia de un número mínimo de puntos de acceso                  |
| WiMAX       | Excelente alcance utiliza frecuencias licenciadas | Costo un poco elevado  |
| Móviles 3G  | Movilidad   | Dependencia de la cobertura de las operadoras                        |
| PLC         | Reutilización de infraestructura existente        | Alto costo de instalación y dependencia de las compañías eléctricas. |

Tabla 3.5 – Comparación de tecnologías para la implementación de un canal de retorno

La elección del ADSL como canal de retorno se muestra viable, por la demanda que existe actualmente para el acceso a Internet y alta tasa de transmisión. En la mayoría de los lugares donde no existe una infraestructura de telecomunicaciones, la solución apropiada es la tecnología WiFi, WiMAX y la tecnología móvil 3G.

La Tabla 3.6 contiene detalles acerca de la propuesta para la alternativa tecnológica para ser utilizados en la implementación del canal de retorno para la TdT en el Perú; el uso de las tecnologías son clasificadas en relación al grado de urbanización, así también considerando la densidad poblacional y la infraestructura instalada.

| Grado de urbanización | Tecnología de red para el canal de retorno  | Observaciones  |
|-----------------------|---|--|
| Lima Metropolitana    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Todas las tecnologías de acceso instalados</li> </ul>                                  | Para el acceso en los conos de Lima o distritos carentes de servicio de telecomunicaciones, se recomienda extender el servicio con tecnología WiFi y WiMAX.                          |
| Resto Urbano          | <ul style="list-style-type: none"> <li>• ADSL</li> <li>• Móviles</li> <li>• WiFi</li> <li>• WiMAX</li> <li>• Dial Up</li> </ul> | Asimismo para estos lugares, se recomienda extender el servicio con tecnología WiFi y WiMAX; en estas zonas en su mayoría existe presencia del ADSL y en algunos lugares el Dial Up. |
| Zona Rural            | <ul style="list-style-type: none"> <li>• WiFi</li> <li>• WiMAX</li> <li>• móviles</li> </ul>                                    | Normalmente en los distritos rurales existen servicios de tecnología VSAT; así también tecnologías WiFi, WiMAX y/o otras tecnologías inalámbricas.                                   |

Tabla 3.6 – Propuesta de implementación de canal de retorno

### 3.12 Conclusiones

El Perú cuenta con una heterogeneidad geográfica; por lo tanto para la elección de la alternativa tecnológica para el canal de retorno, se deben considerar los siguientes aspectos: la densidad poblacional, infraestructura, condición socio-económico de la población y los indicadores de QoS (rendimiento, retardo, pérdida y porcentaje de pérdidas o probabilidad de bloqueo). En general la alternativa tecnológica a ser adoptado para el canal de retorno en nuestro país será diversa, en relación al grado de urbanización y ubicación geográfica (Costa, Sierra y Selva).

Los estudios realizados por Brasil, resaltan la utilización del WiFi 802.11 como alternativa para la región amazónica y zonas donde no existe una infraestructura de telecomunicaciones. Asimismo consideran que a nivel de Brasil, la adopción de la alternativa tecnológica será variada.



En el Perú, las estadísticas de las TIC demuestran que la tecnología de acceso al Internet de Banda Ancha es el ADSL, seguido por la tecnología móviles 3G, CATV y WiFi/WiMAX. Esto nos indica que el medio utilizado para el canal de retorno para terminales fijos será el ADSL, en lugares de cobertura limitada se extenderá el servicio con tecnologías inalámbricas.

## IV. Propuesta del canal de retorno para la TdT

### 4.1 Introducción

En este capítulo se propone un escenario de canal de retorno para la televisión digital terrestre en el Perú. Esta propuesta se origina tomando como referencia los estudios realizados por Brasil [54] con respecto al canal de retorno. El escenario propuesto de interactividad para la Televisión Digital Terrestre en el Perú están formados por los siguientes componentes: PTdT (Proveedor de Televisión Digital Terrestre), SAI (Servidor de Aplicaciones Interactivas), PCR (Proveedor de Canal de Retorno) y RTDI (Receptor de Televisión Digital Interactiva). Donde uno de los componentes principales es el SAI; quién es el encargado de generar a través de un proceso de carrusel de datos los paquetes TS que serán transmitidos en modo *datacasting* hacia los receptores (RTDI). En cambio el PCR provee conectividad al telespectador a través de una serie de tecnologías de acceso, por ejemplo la tecnología WiFi; a través de este medio los flujos de datos originados como resultado de la interactividad serán enviados al servidor SAI.

También se analizan la transmisión de la estructura de archivos de la aplicación *T-Voting*, que son básicamente archivos de tipo ncl, lua y png. Para el envío de estos archivos se acondicionan generando módulos de 64 KBytes de tamaño como máximo, y estos a su vez son enviados en paquetes TS de 188 Bytes hacia los receptores; el proceso de envío de archivos de la aplicación *T-Voting* se realizan a través del protocolo DSM-CC (*Digital Storage Media, Command and Control*), que se caracteriza por el envío de los módulos de manera cíclico en modo *broadcasting*. Como parte del TS se envían también las tablas del SI o Servicio de Información, que utilizarán los *Set Top Box* para la demultiplexación, decodificación y ejecución de las aplicaciones interactivas.

## 4.2 Modelo de Canal de retorno para el Perú

De acuerdo a los análisis realizados en el capítulo anterior, el acceso a las TICs presenta inequidades dentro del país. Por lo tanto se plantea una hipótesis que la solución tecnológica para el canal de retorno en el Perú será heterogénea y aplicada de acuerdo a las particularidades de cada región.

En esta sección se propone un escenario de canal de retorno para lugares con carencia de infraestructura de telecomunicaciones, como: ciudades urbanas pobres, las zonas rurales y las comunidades de los alrededores Lima-Metropolitana. A continuación se describe la arquitectura propuesta para el escenario interactivo con canal de retorno; donde se analizan los componentes que lo conforman: PTdT, SAI, PCR y RTDI.

### 4.2.1 Arquitectura de Red de Canal de Retorno

En la Figura 4.1 se muestra la arquitectura de un escenario interactivo con canal de retorno y sus componentes (PTdT, SAI, PCR y RTDI). El proceso de interactividad mediante la aplicación *T-Voting* se realizan en dos direcciones: del PTdT se transmiten la estructura de archivos a través del canal transmisión (*datacasting*) al RTDI; y en el proceso inverso del RTDI al SAI el envío de datos (datos de votación) se realizan a través del canal de interactividad o retorno.

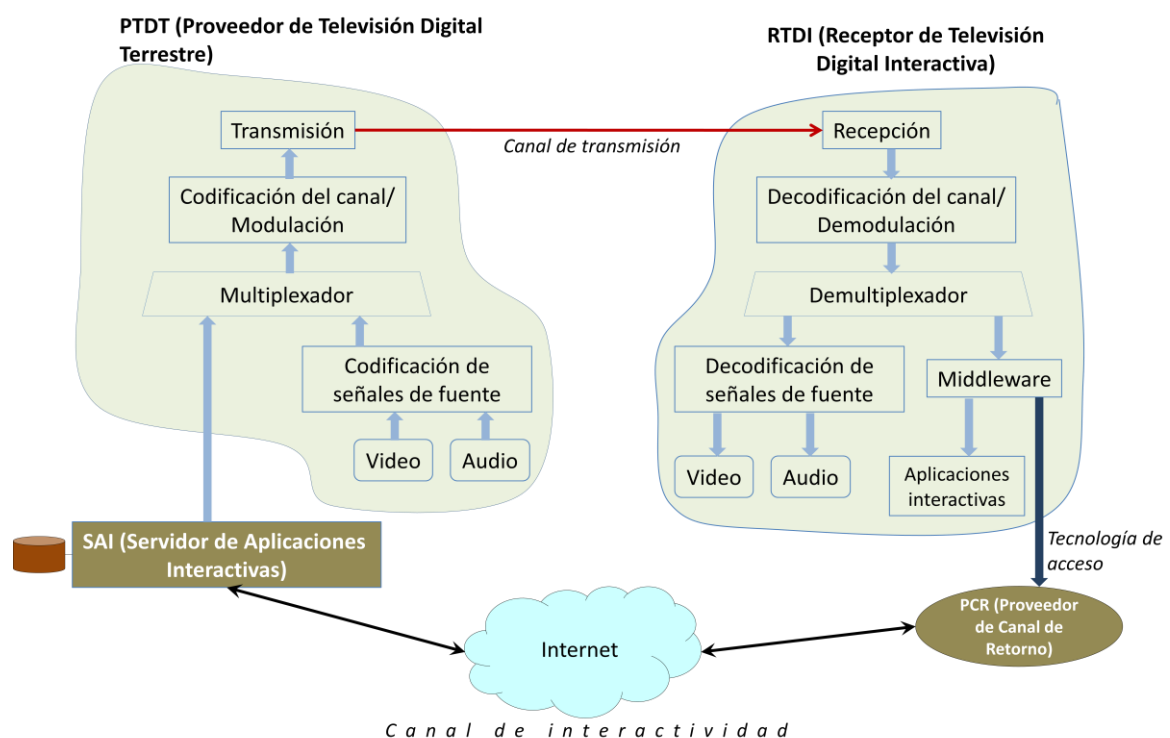


Figura 4.1 – Arquitectura de red de Canal de Retorno para la TdT

#### 4.2.2 PTdT – Proveedor de Televisión Digital Terrestre

El PTdT es el emisor de programas de televisión digital a través de modo *broadcasting* (radiodifusión). Es el encargado de multiplexar los programas en conjuntos con los datos del Servidor de Aplicaciones Interactivas. El PTdT está formado por el Codificador, Multiplexor, el Modulador y la Antena. El Codificador, permite codificar la señal de video entrante en estándares MPEG-2 [18] y MPEG-4 [12], esto dependerá del formato

de envío de la señal, en SD (Definición Estándar), HD (Alta Definición) o LD (Baja definición, *one-seg*). El Multiplexor, es el responsable de multiplexar las informaciones provenientes de los codificadores de audio, vídeo (HD, SD y *one-seg*) y de los Servidores de Aplicaciones Interactivas. El Modulador usa el tipo de modulación OFDM [26] (*Multiplexaje por División de Frecuencia Ortogonal*) con la tecnología de “*Time Interleave*”; donde se caracteriza por su alta eficiencia espectral, resistencia a desvanecimientos por multitrayectos, resistencia a desvanecimientos selectivos en frecuencia, resistencia a la dispersión de la señal, inmunidad a ráfagas de ruido y entre otros. La antena es la encargada de irradiar la señal digital hacia los receptores.

### **Técnicas de Multiplexación y Transporte**

El empaquetamiento es el mecanismo elemental utilizado por MPEG-2 para transportar datos de audio y video comprimido, así como otros datos para los decodificadores MPEG, el método utilizado es multiplexación por división de tiempo de paquetes de datos. Una señal de audio o video comprimido resulta en un flujo (*stream*) de bits llamado ES (*Elementary Stream*, Flujo Elemental).

Dentro del PTdT, es fundamental resaltar el funcionamiento del Multiplexor o simplemente MUX, quién es el encargado, de multiplexar en MPEG-2 TS (*Transport Stream*, Flujo de Transporte), los datos que ingresan de los codificadores y del SAI. Los codificadores de audio y video en su salida entregan una secuencias o flujos elementales ES. Para el envío de flujos o *stream* de audio y video se usa la técnica PES (*Packetized Elementary Stream*, Flujo Elemental de Paquetes), el paquete comienza con un encabezado de paquete seguido de los datos del flujo elemental. En cambio para el envío de los datos (aplicaciones interactivas) se usa las *Private Sections* [55] del MPEG-2, por

ejemplo para el envío de la estructura de archivos de la aplicación *T-Voting* se utilizará el protocolo DSM-CC.

En la Figura 4.2 se muestra el sistema de transporte MPEG-2; donde define dos modos PS (*Program Streams*, Flujo de Programa) para cuando existe pocas posibilidades de errores en la transmisión (por ejemplo DVD) y TS (*Transport Stream*, Flujo de Transporte), cuando el tasa de errores es alto (por ejemplo *Broadcast*).

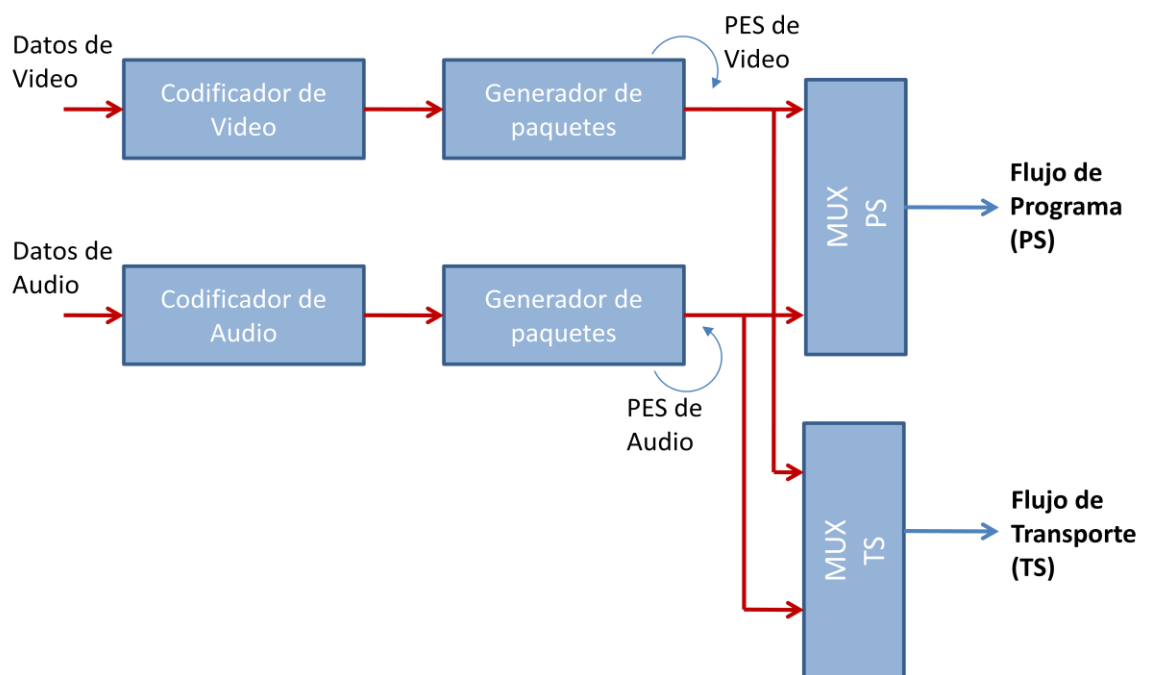


Figura 4.2 – Sistema de Transporte MPEG-2

La cabecera de PES es adicionado informaciones extras directamente relacionado al flujo elemental, por ejemplo tipo de flujo (audio, video o datos), niveles de prioridad de los paquetes, entre otros. Los paquetes PES son mapeados en un TS, también consta de una carga útil y una cabecera. A nivel de TS, las informaciones en las cabeceras proveen información que éste usa para transportar y entregar el flujo. En la Figura 4.3 se muestra el formato del ES y del paquete PES.

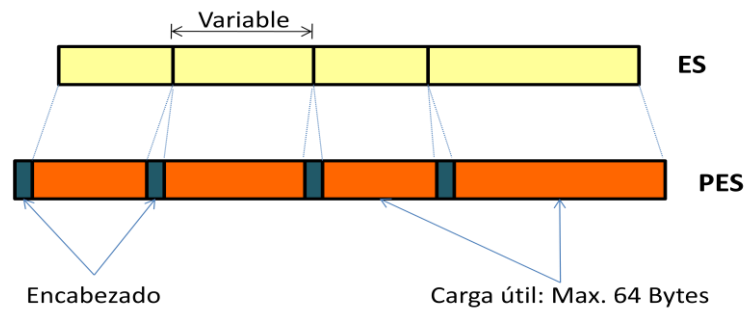


Figura 4.3 – ES (*Elementary Stream*) y paquete PES (*Packetized Elementary Stream*)

Como se muestra en la Figura 4.4 a la salida del equipo codificador (audio y video) y del SAI (servidor que contiene el carrusel de datos) se generan el TS, el cual es conectado a través de los puertos ASI (*Asynchronous Serial Interface*, Interface Serial Asíncrona) al Multiplexor; donde este multiplexa la entradas generando el MPEG-2 TS.

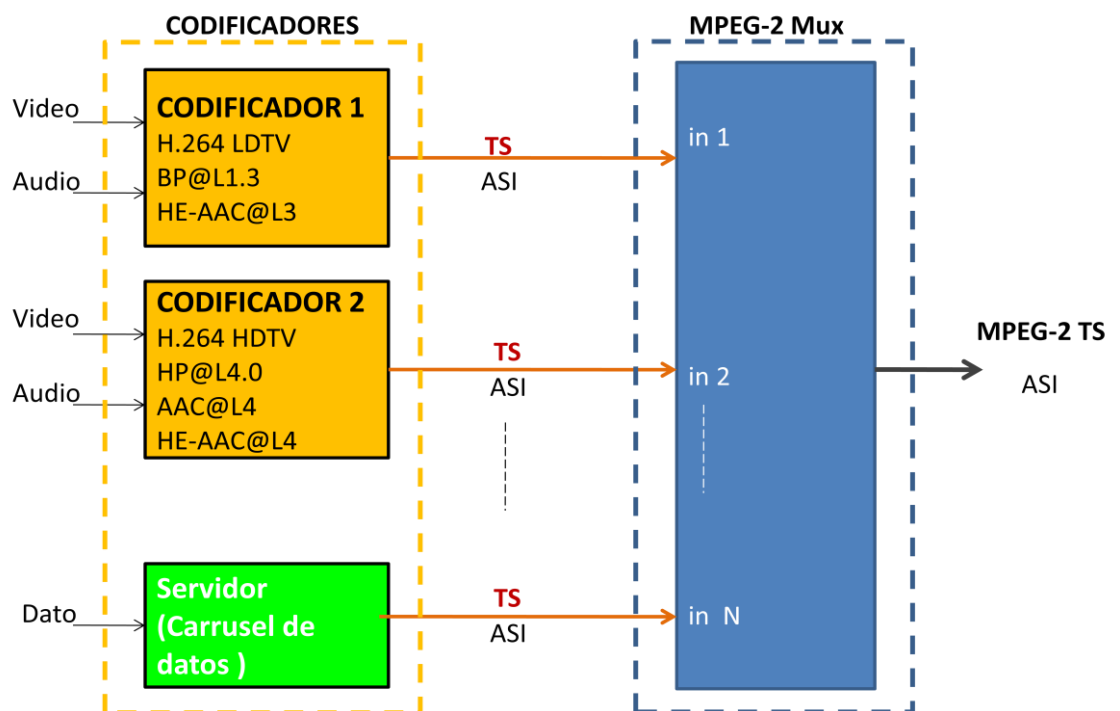


Figura 4.4 – Codificador y Multiplexor

Para que el receptor o el *Set Top Box*, sepa entre otras cosas, a qué canales pertenecen los ES contenidos en un TS, durante el proceso de multiplexación del TS se incluyen ES

específicos que contienen esta información, es lo que se llama SI (*Service Information*, Servicio de Información). Las tablas [23] para la construcción de las informaciones básicas relacionadas al SI, deben estar de acuerdo a las siguientes tablas: PAT (*Program Association Table*, Tabla de Asociación de Programas), PMT (*Program Map Table*, Tabla de Mapeo de Programas), CAT (*Conditional Access Table*, Tabla de Acceso Condicional), BAT (*Bouquet Association Table*, Tabla de Asociación de Ramo), NIT (*Network Information Table*, Tabla de Información de Red), SDT (*Service Description Table*, Tabla de Descripción de Servicios), EIT (*Event Information Table*, Tabla de Información de Eventos), TDT (*Time and Date Table*, Tabla de Fecha y Hora) y TOT (*Time Offset Table*, Tabla de Cambio de Fecha y Hora).

La PAT, PMT, CAT y NIT se conocen como PSI (*Program Specific Information*, Información Específica del Programa) y son definidas por el estándar MPEG. La información de PSI permite la configuración automática del receptor para demultiplexar y decodificar los diferentes Flujos de Programa que se transporta dentro del TS. A continuación se describen las principales tablas utilizados durante la transmisión de la aplicación *T-Voting* en conjunto con audio y video.

- El PAT debe indicar obligatoriamente la localización (valor del PID, *Packet Identifier*) de los paquetes del TS para la PMT correspondiente. La PAT también debe proveer la localización de la NIT.
- La PMT debe identificar e indicar la localización del flujo correspondiente a cada uno de los servicios transmitidos, y la localización del campo PCR (*Program Clock Reference*) para un servicio. Los tipos de especificaciones para transmisión de datos e



identificación de tipo de flujo o *stream* contenidas en un PMT [56] se presentan en la Tabla 4.1.

| Especificación de Transmisión         | Función mayoritaria y facilidad de uso  | Identificación del tipo de flujo |
|---------------------------------------|---|----------------------------------|
| PES independiente                     | Utilizado para streams de datos sincronizados a asíncronos para servicios de radiodifusión  | 0x06                             |
| Carrusel de datos/objetos             | Utilizado para transferencias de datos en general: Sincronizados y asíncronos para servicios de radiodifusión. Aplicado a la transmisión de datos para servicios de download y servicios multimedia | 0x0B, 0x0D                       |
| Mensaje de eventos                    | Utilizado para notificaciones sincronizadas y asíncronas referentes a las aplicaciones en el TA partiendo de la estaca de broadcast. Utilizado para servicios de multimedia                         | 0x0C, 0x0D                       |
| Protocolos de canal de interactividad | Protocolo de transmisión utilizado en redes fijas como redes PSTN/ISDN y redes de celular, incluyendo red celular/PHS con comunicaciones bidireccionalesd   | —                                |
| Encapsulado multiprotocolo            | Datagramas son encapsulados en datagram_sections Que son compatibles con el formato DSMCC_section para datos privados   | 0x0A                             |
| Data piping                           | Protocolo que permite insertar datos de una red de radiodifusión directamente en el payload del paquete MPEG-2  | 0x7E                             |

Tabla 4.1 – Tipos de especificación de transmisión

- La NIT es definida para proveer informaciones referentes a la red física.
- La CAT debe indicar información para el sistema de acceso condicional utilizado en el multiplexador. La información debe ser interpretada como siendo privada (no definida en esta Norma) y depende del sistema de CA (*Conditional Access*, Acceso Condicional), pero, en caso de ser necesario, incluye la localización del flujo EMM (*Entitlement Management Messages*).

Con relación a la transmisión de las aplicaciones interactivas, existe un ES incluido en un servicio que contiene lo que se llama la AIT [56] (*Application Information Table*, Tabla de Información de Aplicación). Una AIT contiene toda la información necesaria respecto a las aplicaciones ofertadas en un servicio incluyendo todo lo que hace falta para ejecutarlas: parámetros, nombres de clases, localización de archivos y entre otros. La AIT se transmite en modo *Private Section* o sección privada como un ES que comprende el programa.

Otro componente fundamental es el Re-Multiplexor, que recibe en su entrada varios flujos TS, que la emisora desea transmitir; además de los parámetros de configuración del transmisor y datos adicionales. En su salida el Re-Multiplexor entrega un único flujo denominado BTS (*Broadcast Transport Stream*). En la salida del Re-Multiplexor, el BTS, compuesto por informaciones de video, audio y datos (aplicaciones interactivas) cuya tasa es de 32,508 Mbps, con un tamaño del paquete de 204 Bytes, adicionando una cabecera de 16 Bytes (8 Bytes de información del sistema y el resto de Bytes de corrección de errores) para cada TS. El TMCC (*Transmission and Multiplexing Configuration Control*) es la portadora de la información del esquemas de modulación aplicado, identidad (ID) de MPEG-TS, entre otros. En la Figura 4.5 se muestra el Re-Multiplexor con el BTS, como salida.

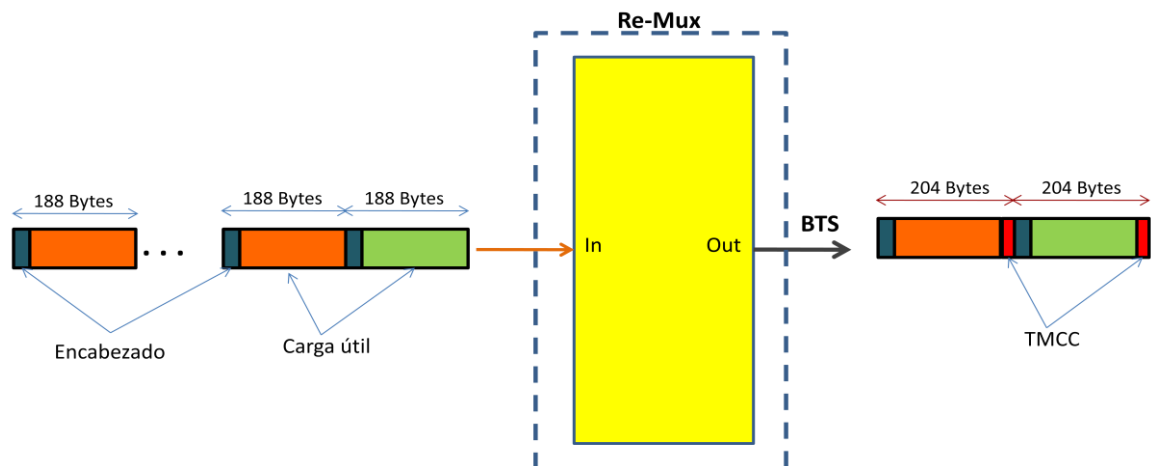


Figura 4.5 – Re-Multiplexor

La multiplexación del TS o Flujo de Transporte consiste, en pequeños paquetes de longitud constante. Un paquete de transporte es siempre de 188 Bytes, de los cuales 4 se destinan a una cabecera de inclusión obligatoria y el resto de Bytes, hasta completar los 188, son de información (carga útil). En la Figura 4.6 se muestra el formato del paquete TS. Asimismo la cabecera presenta varios campos, que se define a continuación.

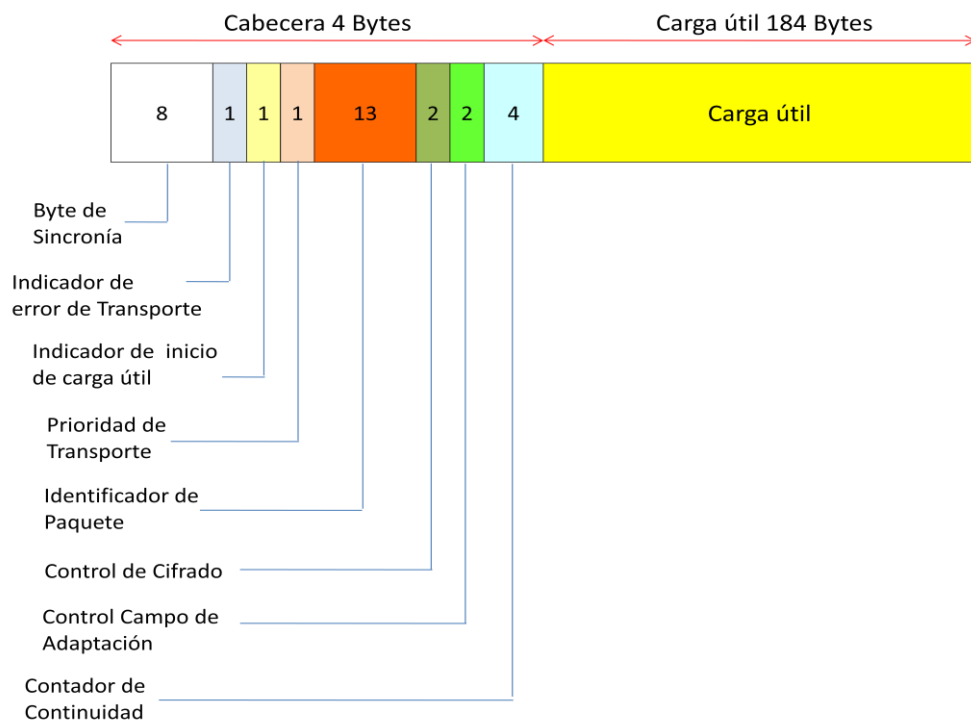


Figura 4.6 – Formato del paquete TS

- Byte de sincronía. Campo de 8 bits de tamaño, con valor 0x47, sirve para que el decodificador pueda sincronizarse correctamente con los datos entrantes.
- Indicador de Error de Transporte. Campo de 1 bit de tamaño, se pone activo cuando se detecta un error en la transmisión. Si este campo está en “1” indica que hay, al menos, un bit erróneo.
- Indicador de Inicio de Carga Útil. Campo de 1 bit de tamaño, indica si en la cabecera de la carga útil existe un PES; donde se indica poniendo este bit a “1”.
- Prioridad de Transporte. Campo de 1 bits de tamaño, si está en “1” indica que el paquete asociado de transporte tiene más prioridad que otros paquetes con el mismo PID (*Packet Identifier*, Identificador de Paquete).
- Identificador de Paquete (PID). Campo de 13 bits de tamaño, que permite la distinción de paquetes de diferentes ES o Flujos Elementales. Contiene un PID diferente para cada paquete TS.
- Control de Cifrado. Campo de 2 bits de tamaño, indica si hay o no datos cifrados en la carga útil.
- Control Campo de Adaptación. Campo de 2 bits de tamaño, indica si la cabecera tiene campo de adaptación.
- Contador de Continuidad. Campo de 4 bits de tamaño, este campo el codificador lo incrementa en 1 cada vez que envía un paquete de la misma fuente. Esto permite que el decodificador sea capaz de deducir si ha habido una pérdida (o ganancia incluso) de un paquete de transporte y evitar errores que no se podrían deducir de otra manera.

### 4.2.3 SAI – Servidor de Aplicaciones Interactivas

En el SAI es donde se almacena las aplicaciones interactivas desarrolladas en Ginga-NCL y Lua. El SAI permite emitir las aplicaciones interactivas en modo de *Datacasting* [28] o difusión de datos, que serán multiplexados en conjunto con el audio y video a través de un MPEG-2 TS [15] (*Transport Streaming*). Para la generación de datos se lleva a cabo a través de un método llamado carrusel de datos, este método consiste en el envío de datos de manera cíclica hacia los receptores. Existen dos mecanismos de envío de datos a través de carrusel; carrusel de datos y carrusel de objetos.

El mecanismo de carrusel de datos y objetos son los más utilizados para la difusión de datos en los sistemas DVB-T, ATSC-T y ISDB-T/Tb. Los dos mecanismos (carrusel de datos y objetos) son protocolos de difusión definidos por el estándar DSM-CC [55]. El proceso de envío de los archivos y/o directorios (contienen la aplicación interactiva) hacia los *Set Top Box* con soporte del middleware Ginga se describen de acuerdo a las Figuras 4.7 y 4.8.

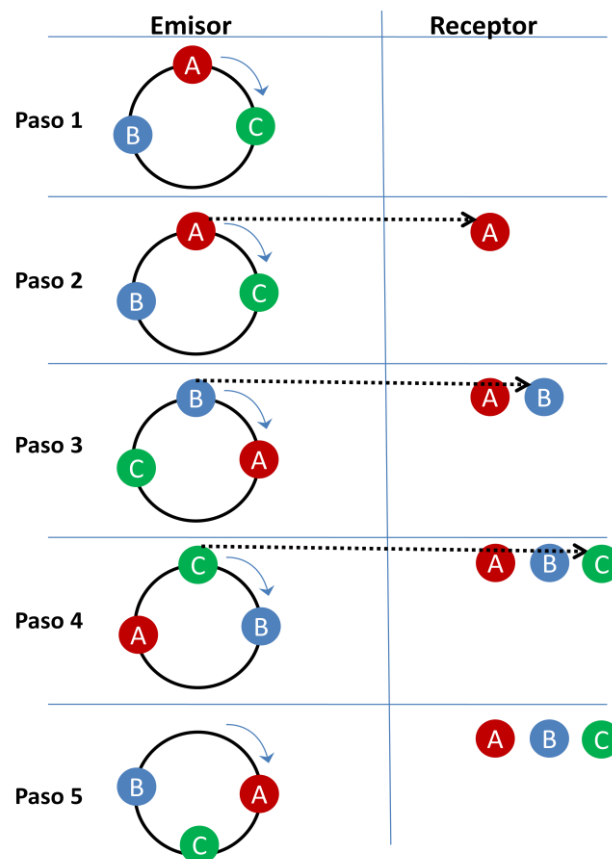


Figura 4.7 – Proceso de envío de archivos y/o directorios (carrusel de datos)

Paso 1. En un inicio los receptores no reciben ningún dato en su memoria

Paso 2. Al girar el carrusel verifica el momento que el archivo A será cargado y difundido.

Paso 3. Como el receptor no posee ningún archivo A registrado en su memoria, el archivo será recibido y almacenado en su memoria hasta la carga de todos los archivo necesarios para la ejecución del aplicativo.

Los mismos procedimientos se repiten hasta que el *Set Top box* reciba el restante de los archivos, como se observa en los pasos 3 y 4.

En el paso 5, todos los archivos ya se encuentran en el *Set Top Box* y el aplicativo estará pronto para ser ejecutado.

Durante el proceso de envío se puede generar errores durante la transmisión de los datos; este proceso se muestra en la Figura 4.7.

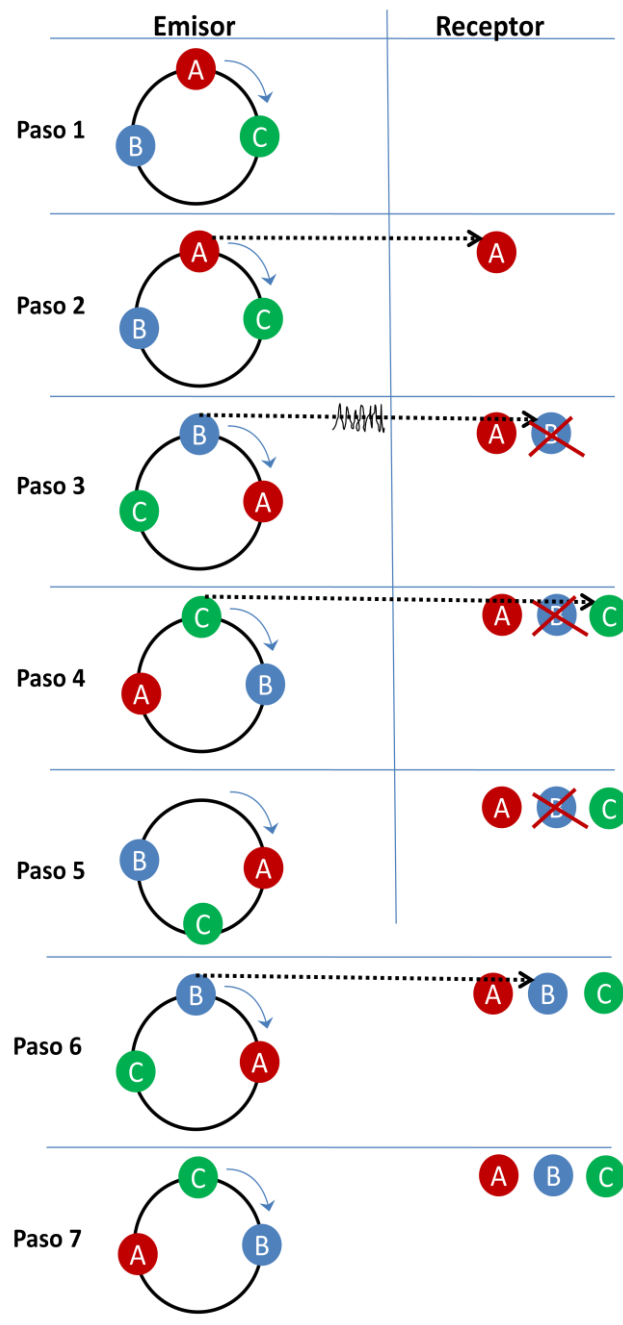


Figura 4.8 – Proceso de envío de archivos y/o directorios con error

A diferencia de la Figura 4.6, en el paso 5 de la Figura 4.8 el aplicativo no se encuentra apto para ser ejecutado, por falta de los archivos necesarios para su ejecución; en este caso el *Set Top Box* tendrá que esperar la repetición de archivo en la próxima secuencia cíclica (paso 6) y cargar los archivos ausente a su memoria; el siguiente paso (7) representa el momento en que el receptor está apto para ejecutar el aplicativo, donde todos los archivos fueron recibidos y encontrándose íntegros.

Como se observa el modo de transmisión de los archivos de la aplicación interactiva se realizan en un solo sentido (*broadcasting*); donde reciben todos los receptores con sintonizadores de la señal ISDB-T con soporte del middleware Ginga. La transmisión en sentido contrario, desde el receptor hacia el emisor se realiza a través del canal de retorno; esta parte se detallará en el capítulo 6 de la presente tesis.

#### **4.2.4 PCR – Proveedor de Canal de retorno**

El Proveedor de Canal de Retorno es el nodo que brinda acceso a los telespectadores para el transporte de las respuestas o solicitudes que envía el telespectador. Según Margalo [54] el acceso a este nodo es a través de tecnologías de acceso más comunes (ADSL, WiFi, PLC, etc.). En el Perú existen lugares o comunidades donde la infraestructura de telecomunicaciones es precaria, o en algunos lugares como en las zonas rurales, simplemente no existen. La alternativa tecnológica de conectividad para estos lugares o la más adecuada es el medio inalámbrico WiFi IEEE 802.11 y/o WiMAX IEEE 802.16, por su facilidad de instalación, cobertura y costos. El enlace a Internet desde PCR debe ser una red con características de banda ancha, como mínimo con una conexión superior a 2 Mbps. Este ancho de banda incrementará de acuerdo a la cantidad de telespectadores (RTDI) conectados al PCR. En la Figura 4.9 se muestra la topología del nodo PCR.



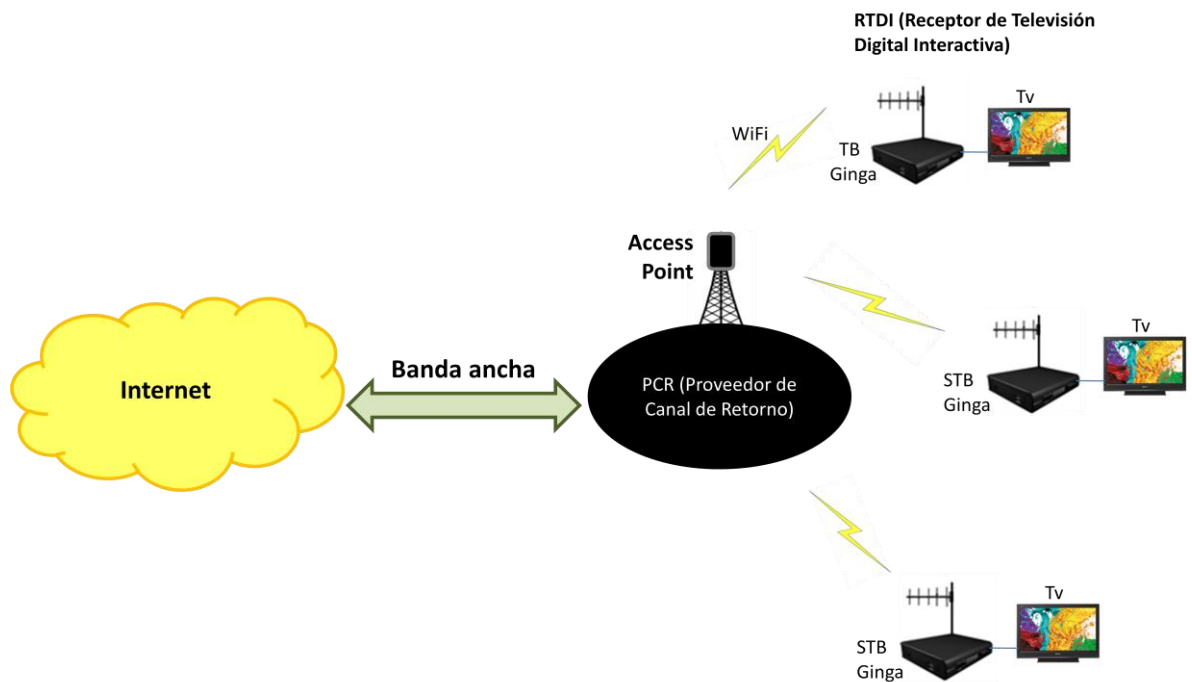


Figura 4.9 – Nodo PCR

Los telespectadores (RTDI) que cuentan con acceso a Internet mediante el ADSL o cualquier otra tecnología podrán usar como canal de retorno para la interactividad; estos telespectadores no necesitarán estar conectados al PCR. En la Figura 4.10 se muestra el escenario para un telespectador con acceso a Internet.

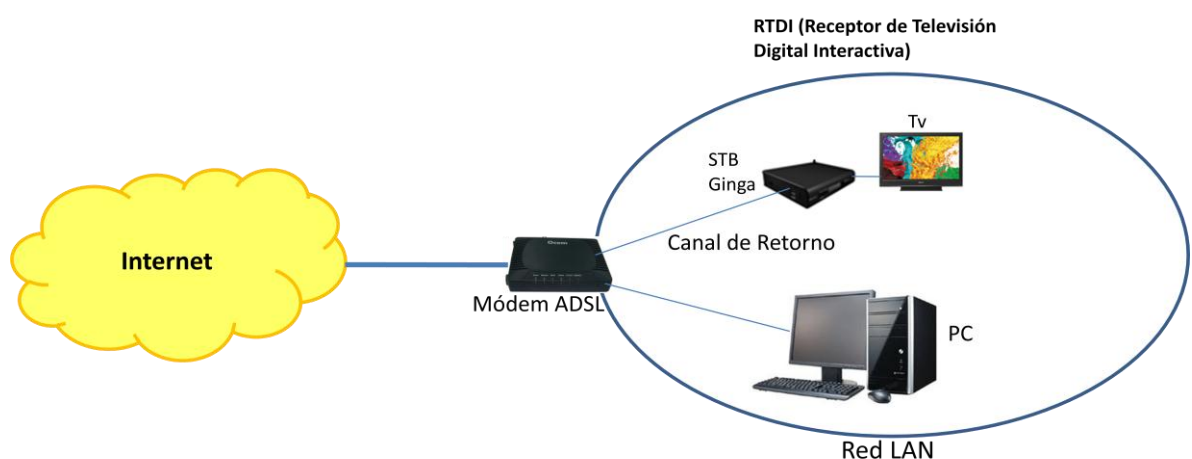


Figura 4.10 – Telespectador con acceso a Internet

#### 4.2.5 RTDI – Receptor de Televisión Digital Interactiva

El RTDI es el terminal quien recibe la señal digital proveniente del PTdT. Esta recibe los paquetes TS que contiene al audio y video, y los archivos correspondientes a las aplicaciones interactivas.

Dentro del RTDI se definen varios receptores, estos varían en costos de acuerdo a las funcionalidades que cuentan, tales como soporte del middleware Ginga o solo sintonizadores de ISDB-T. Entre los receptores tenemos: receptores portátiles (Computadora, Laptop, etc.), receptores móviles (celular) y entre los fijos (Televisor LCD, Televisor CRT, etc.).

En el Perú, la mayoría de los usuarios cuentan con un televisor analógico convencional que están soportados por la norma NTSC (*National Television System Committee*, Comisión Nacional de Sistema de Televisión) [57], por lo tanto estos televisores como tal, no podrán sintonizar la señal de televisión digital terrestre. Para sintonizar la señal de televisión digital se necesita de un decodificador llamado *Set Top Box*. Dentro de los variantes de *Set Top Box*, se encuentra dos tipos, con soporte del middleware Ginga, y sin soporte del middleware Ginga.

Para ejecutar las aplicaciones interactivas emitidas por los radiodifusores (PTdT) se debe contar con un *Set Top Box* [58] con soporte del middleware Ginga-NCL incorporado. Este tipo de *Set Top Box* cuentan con varias interfaces de *hardware*, tales como: RJ45 (tecnología Ethernet para el acceso a Internet), HDMI [64] (interface multimedia de alta definición), video compuesto y conector BNC para la antena externa. En la Figura 4.11 se muestra las interfaces del *Set Top Box* utilizado con soporte Ginga-NCL.

Para las funciones de interactividad con canal de retorno, el *Set Top Box* por medio de su interfaz Ethernet RJ45 se debe conectar a un elemento de red, como un *switch* de datos, o directamente a un equipo de comunicación de datos inalámbrico.



Figura 4.11 – Interfaces del *Se Top Box* con soporte Ginga-NCL

### 4.3 Análisis de la transmisión de la aplicación *T-Voting*

En esta sección se analizan el envío de la aplicación interactiva a través de un proceso de *datacasting*. Los datos son almacenados por el SAI (Servidor de Aplicaciones Interactivas); donde este servidor, tiene instalado el módulo DSM-CC, quien es el encargado de generar el carrusel de datos, que se caracteriza por el envío en modo cíclico, según descrito en 4.2.3. En la Figura 4.12 se muestra el paquete TS generado por el SAI; donde se observa que se encuentra almacenada la estructura de directorio de la aplicación *T-Voting* y el protocolo de generación de carrusel de datos; así también el TS generado es de 188 Bytes, que es multiplexado generando el BTS de 204 Bytes.

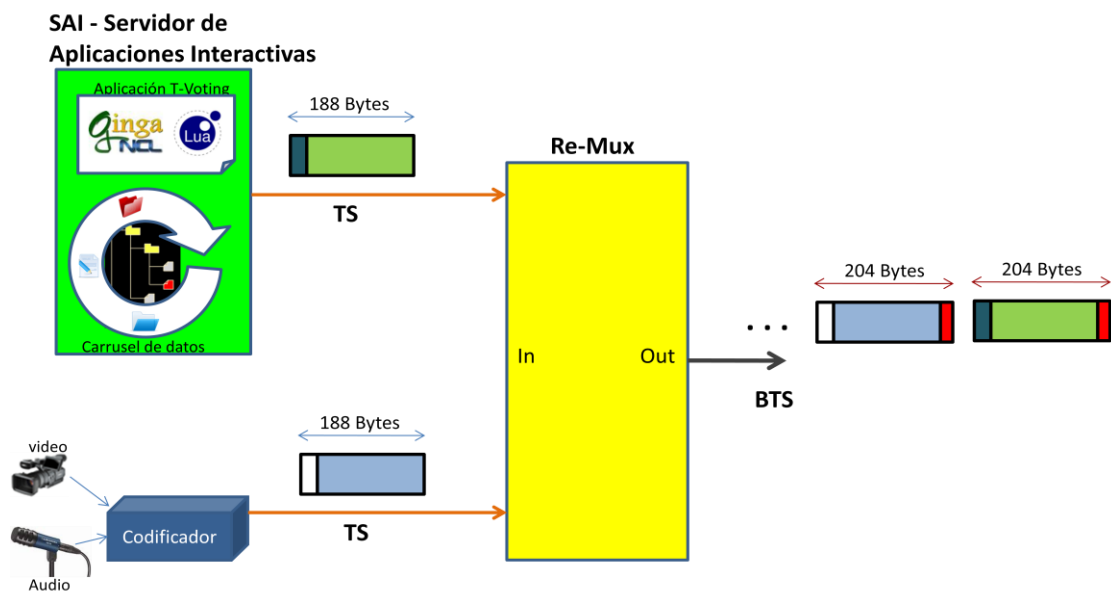


Figura 4.12 – SAI generando el paquete TS

En este escenario de transmisión, la aplicación *T-Voting*, tiene un tamaño total de 2.17 MBytes. En la Figura 4.13 se ilustra la estructura de directorio con sus respectivos archivos. Donde se observa los directorios lua/, media/ y los archivos ncl “superEncuesta.ncl” y la librería “ConnectorBase.conn”.

|                    |                            |
|--------------------|----------------------------|
| lua                | 23/09/2010 05:07 ...       |
| media              | 13/11/2010 07:48 ...       |
| .project           | 1 KB 31/08/2010 09:25 ...  |
| ConnectorBase.conn | 36 KB 31/08/2010 09:25 ... |
| superEncuesta.ncl  | 20 KB 23/09/2010 01:01 ... |

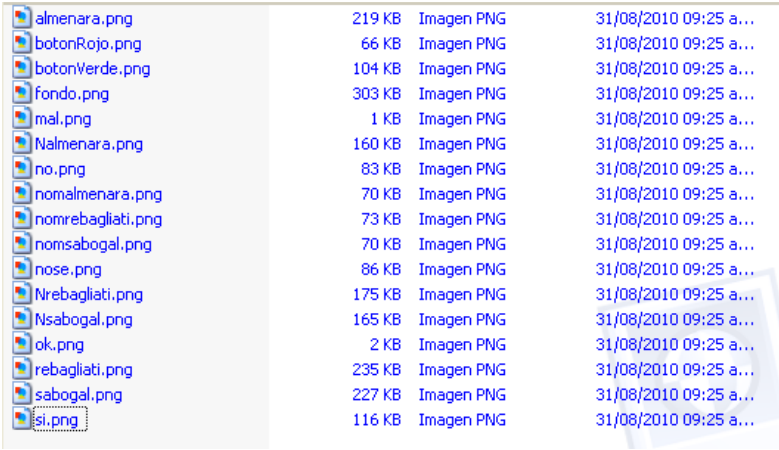
Figura 4.13 – Estructura de directorio del aplicación interactiva *T-Voting*

El directorio principal cuenta con dos directorios: lua/ y media/. En el directorio lua/, se encuentran los *scripts lua*, como se muestra en la Figura 4.14.

|               |      |                    |                       |
|---------------|------|--------------------|-----------------------|
| hospital.txt  | 1 KB | Documento de texto | 23/09/2010 11:31 a... |
| pregunta1.lua | 1 KB | Lua Script File    | 31/08/2010 09:25 a... |
| preguntax.lua | 1 KB | Lua Script File    | 31/08/2010 09:25 a... |
| tcp.lua       | 8 KB | Lua Script File    | 31/08/2010 09:25 a... |
| votacion1.lua | 7 KB | Lua Script File    | 23/09/2010 01:20 p... |
| votacion.lua  | 6 KB | Lua Script File    | 23/09/2010 01:30 p... |

Figura 4.14 – Contenido del directorio lua/

Dentro del directorio media/ se encuentra los archivos de imagen en formato *png*, como se muestra en la Figura 4.15.



|                   |        |            |                       |
|-------------------|--------|------------|-----------------------|
| almenara.png      | 219 KB | Imagen PNG | 31/08/2010 09:25 a... |
| botonRojo.png     | 66 KB  | Imagen PNG | 31/08/2010 09:25 a... |
| botonVerde.png    | 104 KB | Imagen PNG | 31/08/2010 09:25 a... |
| fondo.png         | 303 KB | Imagen PNG | 31/08/2010 09:25 a... |
| mal.png           | 1 KB   | Imagen PNG | 31/08/2010 09:25 a... |
| Nalmenara.png     | 160 KB | Imagen PNG | 31/08/2010 09:25 a... |
| no.png            | 83 KB  | Imagen PNG | 31/08/2010 09:25 a... |
| nomalmenara.png   | 70 KB  | Imagen PNG | 31/08/2010 09:25 a... |
| nomrebagliati.png | 73 KB  | Imagen PNG | 31/08/2010 09:25 a... |
| nomsabogal.png    | 70 KB  | Imagen PNG | 31/08/2010 09:25 a... |
| nose.png          | 86 KB  | Imagen PNG | 31/08/2010 09:25 a... |
| Nrebagliati.png   | 175 KB | Imagen PNG | 31/08/2010 09:25 a... |
| Nsabogal.png      | 165 KB | Imagen PNG | 31/08/2010 09:25 a... |
| ok.png            | 2 KB   | Imagen PNG | 31/08/2010 09:25 a... |
| rebagliati.png    | 235 KB | Imagen PNG | 31/08/2010 09:25 a... |
| sabogal.png       | 227 KB | Imagen PNG | 31/08/2010 09:25 a... |
| si.png            | 116 KB | Imagen PNG | 31/08/2010 09:25 a... |

Figura 4.15 – Contenido del directorio media/

### 4.3.1 Módulos generados por DSM-CC

El DSM-CC especifica el tipo de carrusel, llamado carrusel de objetos; donde especifica un formato estándar para representar una estructura del directorio y sistema de archivos. Los objetos se encapsulan en los módulos, que se envían dentro de bloques de los datos de la transferencia directa. Cada módulo [59] generado posee como máximo un tamaño de 64 KBytes de archivos o directorios; los archivos con más de 64 KBytes se fijan en módulos separados. En la Figura 4.16 se muestra los módulos generados por el carrusel DSM-CC; donde se observa que existe un total de 17 módulos relacionados a la aplicación interactiva *T-Voting*, cuyo tamaño es de 2.17MBytes.

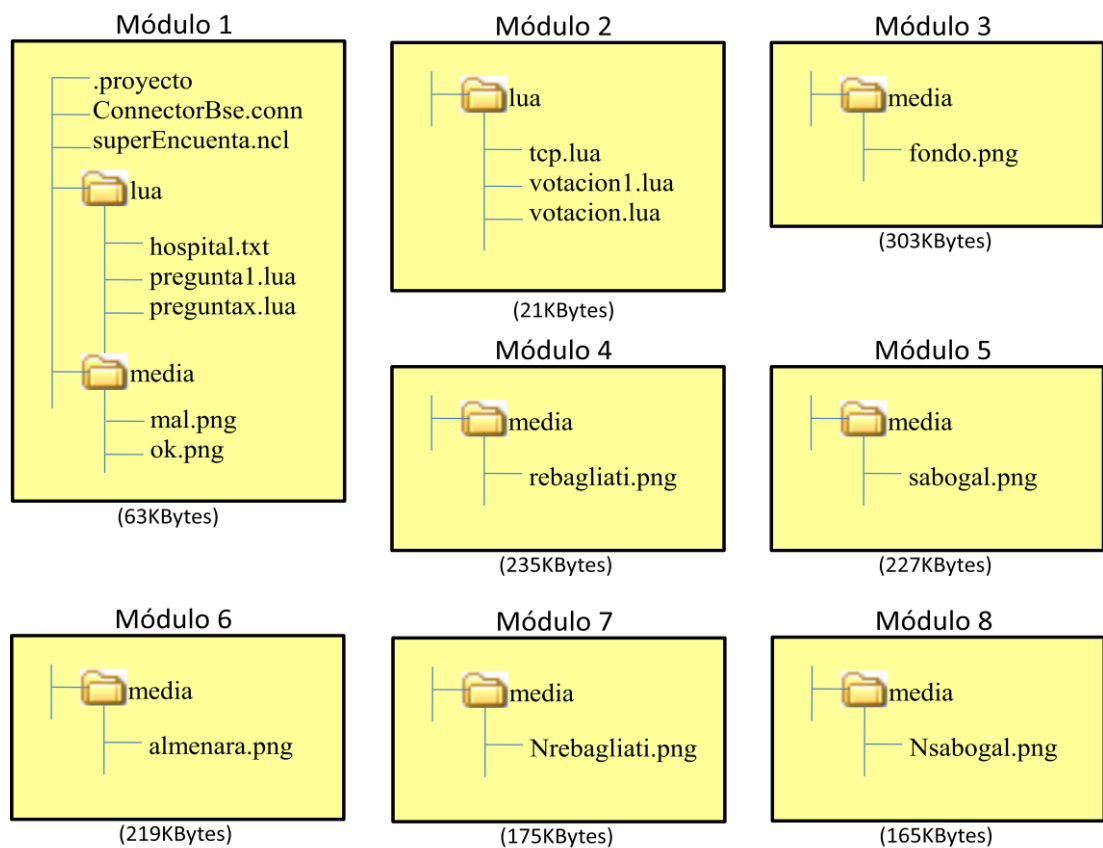


Figura 4.16 – Módulos generados de la Aplicación Interactiva *T-Voting*

### 4.3.2 Envío de paquetes BTS

Los 17 módulos serán enviados en paquetes BTS de 204 Bytes. Donde los BTS contienen paquetes TS de 188 Bytes; de los 188 Bytes, 4 Bytes son de cabecera, quedando solo 184 Bytes para la carga útil. A continuación se generan los paquetes BTS donde se envía los módulos creados en la Figura 4.16; asimismo la transmisión de los módulos se realiza de manera secuencial, como se muestra en la en la Figura 4.17.

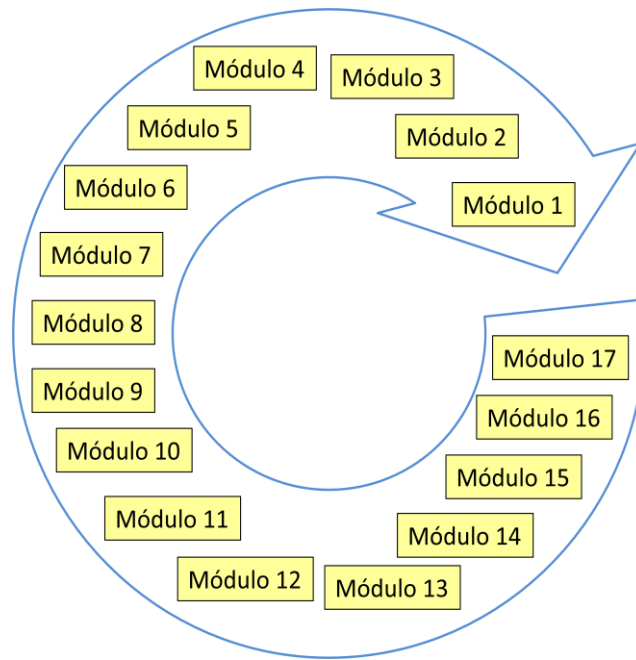


Figura 4.17 – Transmisión de módulos de manera secuencial

En la Figura 4.18 se muestra la transmisión para el módulo 1; donde el tamaño del módulo de 63 KBytes es dividido entre 184 (carga útil del paquete TS), donde se genera el número de BTS equivalente a 351. Para el cálculo del resto de los módulos se sigue este mismo procedimiento.

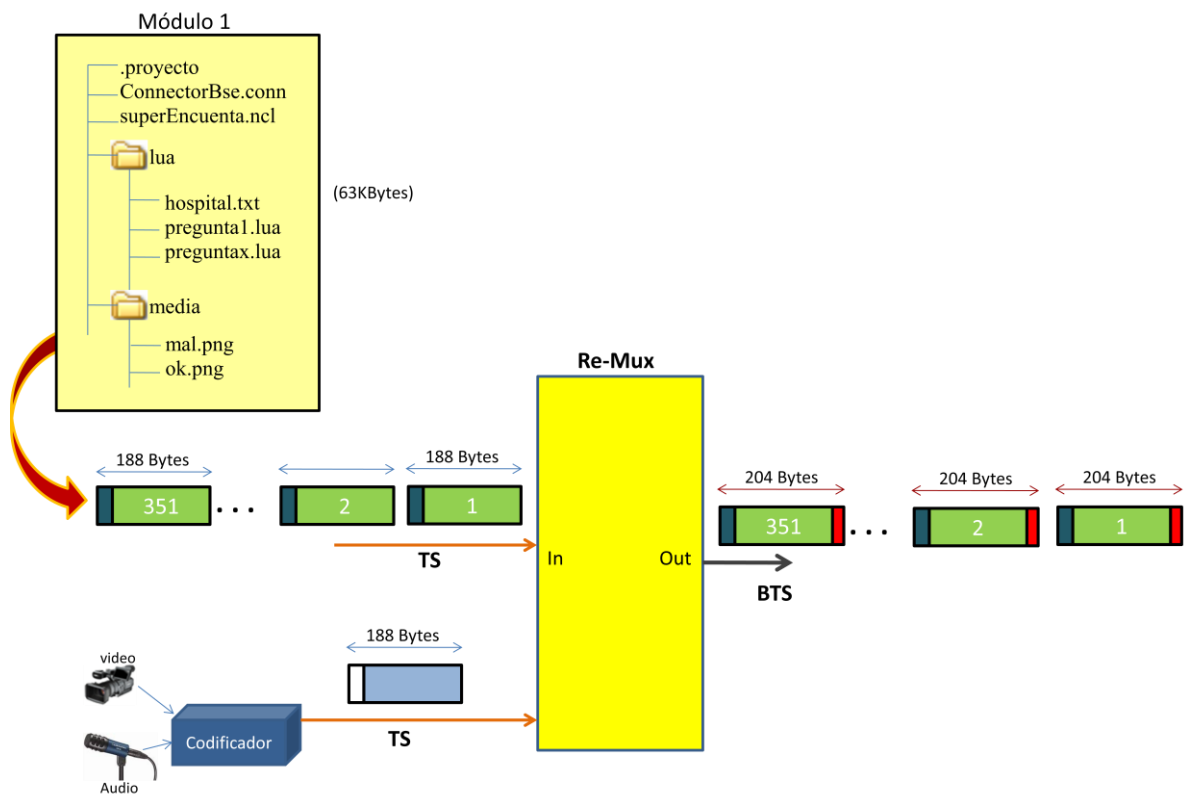


Figura 4.18 – Transmisión del módulo 1

El número de BTS transmitidos en relación a los 17 módulos generados por la aplicación *T-Voting* se muestra en la Tabla 4.2; donde se muestra que el total de BTS transmitido es de 12444, este valor es generado de una simple suma de los BTS de cada módulo.

| Módulos ( <i>T-Voting</i> ) | Tamaño     | Tamaño/184 | Nro. de BTS |
|-----------------------------|------------|------------|-------------|
| Módulo 1                    | 63 KBytes  | 64512      | 351         |
| Módulo 2                    | 21 KBytes  | 21504      | 117         |
| Módulo 3                    | 303 KBytes | 310272     | 1686        |
| Módulo 4                    | 235 KBytes | 240640     | 1308        |
| Módulo 5                    | 227 KBytes | 232448     | 1263        |
| Módulo 6                    | 219 KBytes | 224256     | 1219        |
| Módulo 7                    | 175 KBytes | 179200     | 974         |
| Módulo 8                    | 165 KBytes | 168960     | 918         |
| Módulo 9                    | 160 KBytes | 163840     | 890         |
| Módulo 10                   | 116 KBytes | 118784     | 646         |



|           |            |        |     |
|-----------|------------|--------|-----|
| Módulo 11 | 104 KBytes | 106496 | 579 |
| Módulo 12 | 86 KBytes  | 88064  | 479 |
| Módulo 13 | 83 KBytes  | 84992  | 462 |
| Módulo 14 | 73 KBytes  | 74752  | 406 |
| Módulo 15 | 70 KBytes  | 71680  | 390 |
| Módulo 16 | 70 KBytes  | 71680  | 390 |
| Módulo 17 | 66 KBytes  | 67584  | 367 |

Tabla 4.2 – Cálculo de cantidad de BTS transmitidos

Durante la transmisión de los programas de televisión por los radiodifusores, se generan varios paquetes TS que transportan: Audio, Video, aplicaciones interactivas con Ginga; y además los datos del Servicio de Información, que contienen las tablas PAT, PMT y AIT. En la Figura 4.19, se muestran los flujos elementales que se generan para un servicio; como se observa la tabla PAT (PID, Identificación del Paquete=0) indica los servicios que transporta y la relación que existe con la tabla PMT que contiene los tipos de flujos, con PID=100 para video, con PID=101 para audio y PID=102 para datos (archivos NCL *T-Voting*); asimismo se observa el paquete con PID=300 que contiene la tabla AIT quién describe la aplicación interactiva.

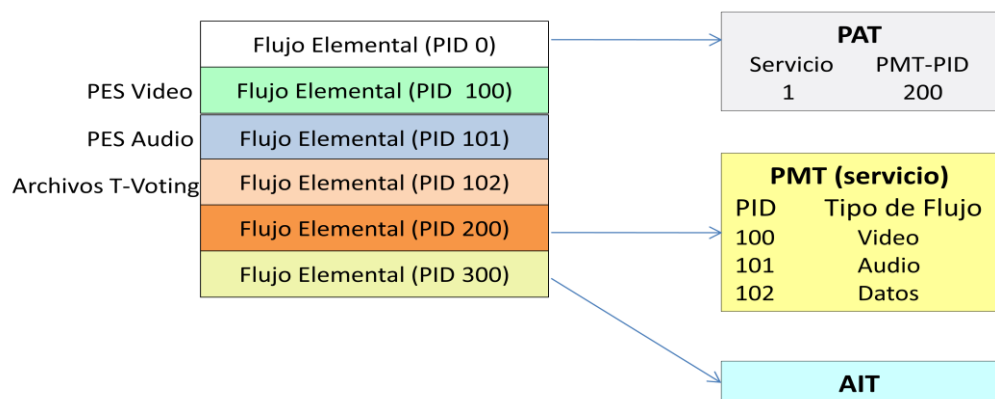
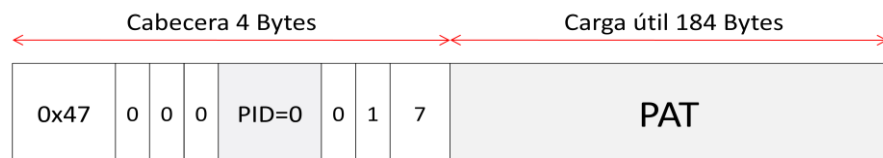
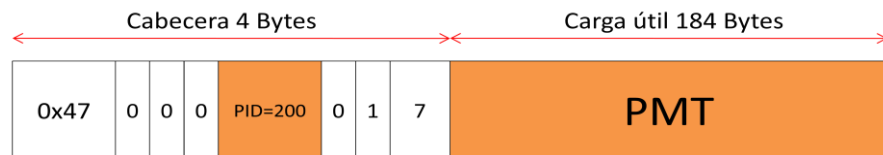


Figura 4.19 – Tablas PSI

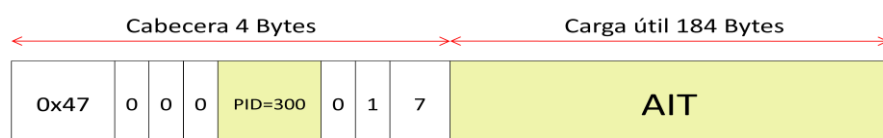
En la Figura 4.20 se muestran los paquetes generados durante la transmisión en modo *broadcasting*; donde se envían paquetes TS que transportan las tablas de PSI, como el PAT, PMT y AIT. Como se observa en la Figura 4.20 (a) el TS de 188 Bytes en su campo de datos transporta la tabla PAT, este paquete tiene un valor de PID igual a “0”; este PID es fijo y siempre tomará este valor. En la Figura 4.20 (b) el paquete TS transporta la tabla PMT, cuyo PID es igual a “200”, este PID es asignado indirectamente por PAT. En la Figura 4.20 (c) el paquete TS transporta la tabla AIT, cuyo PID es igual a “300”, este PID es asignado indirectamente por PAT. En la Figura 4.20 (d) el paquete TS transporta el PES video, cuyo PID es igual a “100”, este PID es asignado por PMT. En la Figura 4.20 (e) el paquete TS transporta el PES audio, cuyo PID es igual a “101”, este PID es asignado por PMT. En la Figura 4.20 (f) el paquete TS transporta la estructura de directorio de la aplicación *T-Voting*, cuyo PID es igual a “102”, este PID es asignado por PMT.



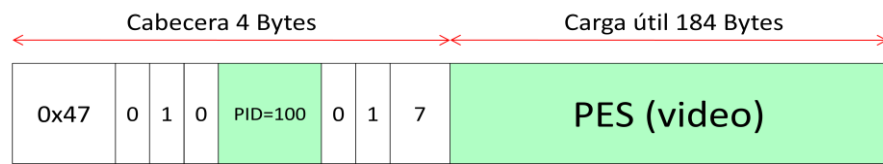
a) Paquete que transporta la tabla PAT



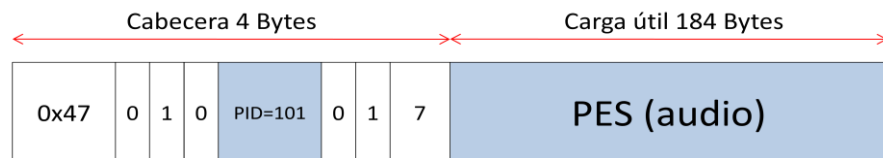
b) Paquete que transporta la tabla PMT



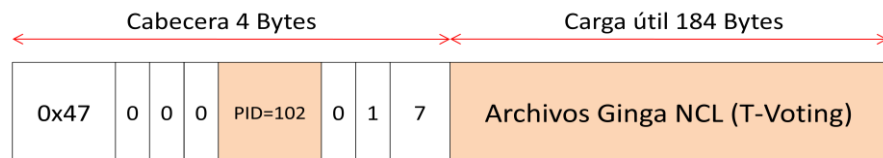
c) Paquete que transporta la tabla AIT



d) Paquete que transporta el PES (video)



e) Paquete que transporta el PES (audio)



f) Paquete que transporta los archivos T-Voting

Figura 4.20 – Paquetes TS enviados

Para que el receptor sea capaz de identificar y ejecutar las aplicaciones, la especificación define la tabla AIT [56] que contiene el listado completo de las aplicaciones disponibles. También incluye información respecto al modo de acceso a las aplicaciones, como el código de control que indica si la aplicación es *autostart* o autoarrancable; y también aspectos técnicos, como el nombre completo de la clase principal que el receptor debe llamar para que la aplicación se inicie. La tabla AIT es distribuida también en una sección privada dentro del flujo MPEG-2, y se repite cíclicamente.

## 4.4 Conclusiones

El escenario propuesto para el canal de retorno para la televisión digital terrestre en el Perú está formado por: PTdT (Proveedor de Televisión Digital Terrestre), SAI (Servidor de aplicaciones Interactivas), PCR (Proveedor de Canal de Retorno) y RTDI (Receptor de Televisión Digital interactiva). Donde cada componente cumple su función dentro del proceso de interactividad.

En lugares donde no existe infraestructura de telecomunicaciones para el acceso a Internet, se plantea la presencia de un nodo PCR cuya finalidad es proveer conectividad al telespectador y por consiguiente utilizar como canal de retorno; una de las alternativas tecnológicas para el PCR es la tecnología WiFi en conjunto con el ADSL; el telespectador para conectarse al PCR telespectador utilizará la interface Ethernet del *Set Top Box*.

La transmisión de los archivos y/o directorios de la aplicación interactiva en la dirección del PTdT a los receptores RTDI se realizan en modo *datacasting*; donde son generados en módulos de 64 KBytes y enviados a través de un carrusel de datos, en paquetes de 188 Bytes. Para la aplicación interactiva *T-Voting* se generan 17 módulos de 64KBytes y son enviados en total 12444 paquetes BTS de 204 Bytes.

Los Flujos de Transporte de video, audio y datos se multiplexan en conjunto con los paquetes que llevan información (PSI) para los receptores, las tablas que forman parte del PSI son: La PAT, PMT, CAT y NIT. Con respecto a la descripción del envío de la estructura de archivos de la aplicación *T-Voting* se realiza a través de la tabla AIT; donde el *Set Top Box* utiliza esta tabla para demultiplexar, decodificar y ejecutar las aplicaciones interactivas.

## V. Aplicación interactiva *T-Voting*

### 5.1 Introducción

En este capítulo se desarrolla una aplicación interactiva de tipo *T-Voting* (Votación por Televisión). La ejecución de la aplicación interactiva *T-Voting* utiliza el canal de retorno para la transmisión bidireccional de campos de opciones, relativas a una encuesta, almacenadas en un servidor de base de datos remoto.

Las aplicaciones interactivas (*T-Voting*, *T-Learning*, *T-Health* y *T-Government*), llamadas también de tipo interactividad bidireccional, necesitan un canal de retorno para que el telespectador interactúe y pueda enviar datos a un servidor. El telespectador básicamente envía consultas a un servidor de base de datos remotos, búsqueda en internet, encuestas por televisión y entre otros. Por lo tanto para el desarrollo de este tipo de aplicaciones es imprescindible contar con el middleware Ginga-NCL, con sus lenguajes de programación NCL y Lua.

El estándar ABNT 15606 -2 [6] define el uso de Ginga-NCL para el desarrollo de aplicaciones para receptores fijos y móviles. Este estándar da soporte para el desarrollo de aplicaciones de interactividad con canal de retorno utilizando librerías como la clase TCP de Lua.

Para el desarrollo de una aplicación interactiva para la televisión digital, se tienen herramientas de software, como el Composer [7], Eclipse [8], con los *plugins* NCL [9] (*Nested Context Lenguaje*) y Lua [10] respectivamente. Así también emuladores para la presentación o ejecución de script NCL, entre ellos se tienen: el *Emulator* Ginga NCL [60] y el *Virtual Set Top Box* Ginga NCL [61]. Este último permite probar aplicaciones desarrolladas en entorno NCL y NCLua. Durante el desarrollo de la tesis se utilizó el *framework* Eclipse, con los *plugins* NCL y Lua; asimismo para la ejecución de los aplicativos se utilizó el *Virtual Set Top Box* Ginga-NCL, bajo el sistema operativo Linux Ubuntu.

La aplicación desarrollado de tipo *T-Voting* para la “Encuesta de 03 hospitales de EsSalud, permite al telespectador realizar encuesta de 03 hospitales: Hospital Rebagliati, Almenara y Sabogal; donde el telespectador participará en la encuesta de las 03 hospitales de EsSalud. Las opciones de voto son: “sí”, “no” y “no opina”. Como resultado de la votación se tiene las estadísticas de voto para cada hospital. Los votos son almacenados en un servidor de base datos remoto, ubicado normalmente en las instalaciones del PTdT.

## **5.2 Aplicación interactiva *T-Voting*: “Encuesta de 03 (tres) hospitales de EsSalud”**

La aplicación interactiva *T-Voting* se desarrolló siguiendo el estándar Ginga-NCL, bajo los lenguajes de programación NCL y Lua. Para la ejecución de la aplicación interactiva *T-Voting*, en principio se utilizó el *Set Top Box* Virtual Ginga-NCL y posteriormente un equipo *Set Top Box* con soporte del middleware Ginga-NCL. El usuario podrá acceder de manera libre a las herramientas de software para el desarrollo de aplicaciones interactivas para la televisión digital terrestre. A continuación se describe la funcionalidad de la aplicación desarrollada.

### *Requerimientos del sistema*

- Que permita realizar encuesta de 03 (tres) hospitales de EsSalud:

H. Rebagliati, H. Almenara, H. Sabogal

- Opciones de la encuesta

“Si”, “No”, “No opina”

- Que muestre los siguientes resultados

Hospitales con aprobación al 50 %

Estadísticas de voto por cada hospital

### *Modelamiento de la aplicación interactiva T-Voting*

El proceso de modelamiento de la aplicación interactiva, permite tratar con la complejidad propia de estas aplicaciones, ayudando a construir los modelos con mayor abstracción, es decir, definiendo y conceptualizando solamente lo necesario de la aplicación para un mejor entendimiento del desarrollo. Es así que esta aplicación interactiva presentara las siguientes funcionalidades:

- Redimensionamiento de pantalla.
- Menú principal interactivo para navegación con los tres hospitales principales de Lima.
- Por cada opción del menú principal, existen submenús igualmente interactivos, para votar si es que está de acuerdo con el servicio que presta, de acuerdo al hospital elegido.

- Sincronización entre los objetos de mídia (imágenes, texto, etc.) con acciones de ejecución e interrupción realizadas por el usuario mediante el control remoto.

Se hará uso de la herramienta “*StarUml*” [62], para realizar el modelamiento de la aplicación, el cual estará basado en los diagramas de casos de uso y de secuencia.

En el diagrama de casos de uso, se describirá los requerimientos funcionales de la aplicación. Para esta aplicación utilizaremos dos casos de uso, como son: el caso de uso “Contenido Interactivo” y el caso de uso “Selección de Opciones”.

En el caso de uso “Contenido Interactivo”, representara la interacción entre el usuario y la televisión, lo que permitirá la selección del icono de interactividad “i”, dando ingreso al contenido de la aplicación.

El caso de uso “Selección de Opciones”, representa la interacción del usuario respecto a las opciones que permitirá elegir un hospital y posteriormente votar sobre el servicio que brinda, dando como resultado el número de personas que votaron. En la Figura 5.1 se muestra el diagrama de casos de uso para la aplicación de *T-Voting*.

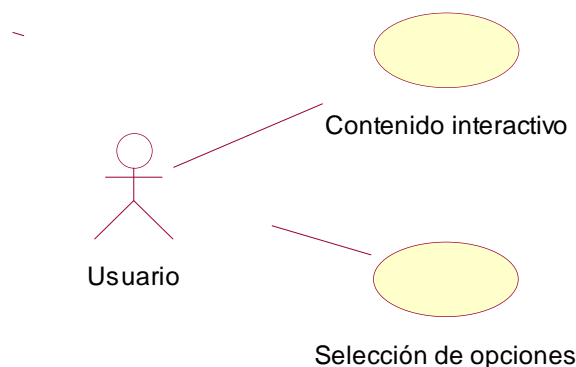


Figura 5.1 – Diagrama de Casos de Uso



Asimismo se muestra el diagrama de secuencia, el cual nos va a representar aspectos dinámicos, en los que intervienen el usuario (telespectador) y la aplicación *T-Voting*; como se muestra en la Figura 5.2.

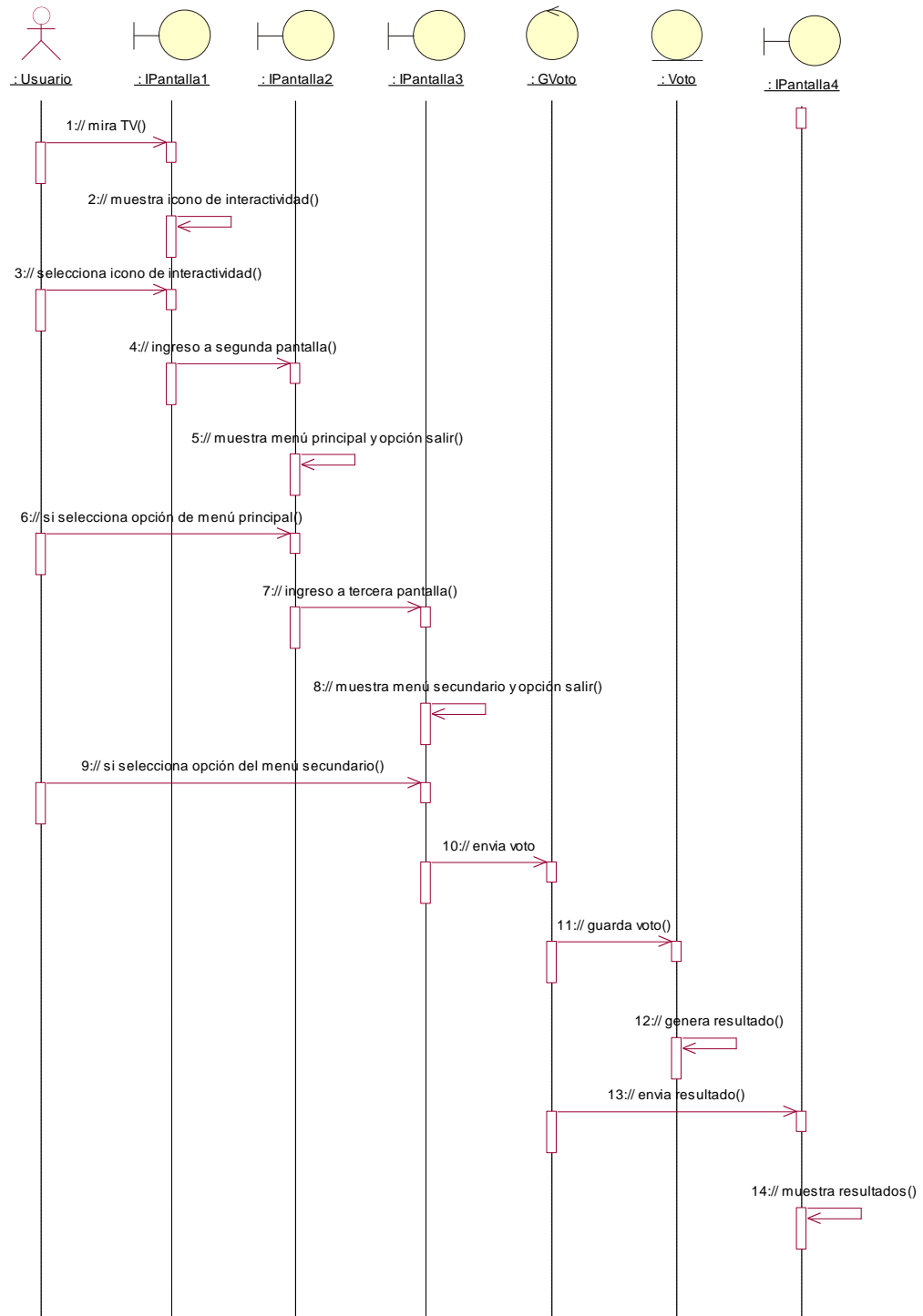


Figura 5.2 – Diagrama de Secuencia

### *Descripción del funcionamiento*

El aplicativo permite realizar una encuesta por el televisor, utilizando como canal de retorno una red de comunicaciones. En las Figuras (5.3, 5.4 y 5.5) se muestran las pantallas de la aplicación interactiva *T-Voting*, capturada durante la simulación utilizando el emulador *Set Top Box Virtual* Ginga-NCL.

En la Figura 5.3 se muestra la pantalla de inicio de interactividad, con la pregunta (¿Qué hospital frecuenta más?), donde el telespectador elegirá a través de las teclas direccionales del control remoto el hospital que frecuenta más (H. Rebagliati/H. Almenara/H. Sabogal).



Figura 5.3 – Pantalla de inicio de interactividad

En la Figura 5.4 se muestra las opciones de voto, una vez elegida el hospital, con la siguiente pregunta (¿Está de acuerdo con el servicio que brinda el hospital?). El telespectador podrá elegir una de las opciones (si/no/no opina) de acuerdo a su criterio de voto; una vez seleccionado la opción, se envía la información correspondiente al número de votos y el nombre del hospital al servidor de la base de datos, para ello se utiliza la librería *tcp.lua* a través del canal de retorno.

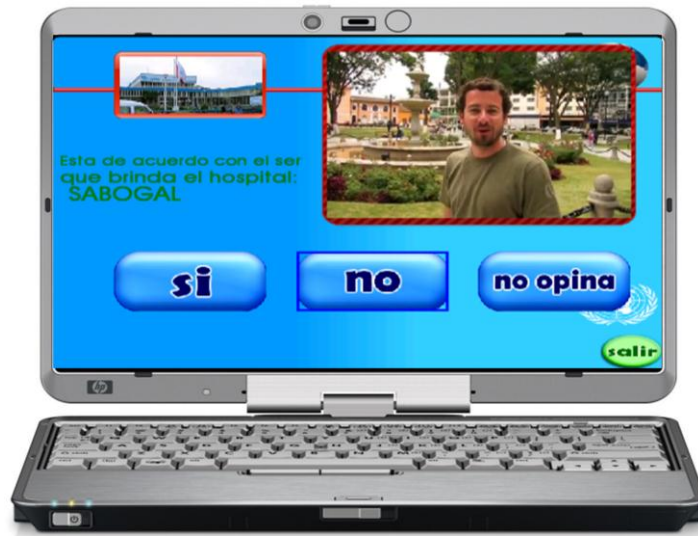


Figura 5.4 Pantalla de elección de opciones de voto

En la Figura 5.5 se muestra los resultados de la encuesta. Para mostrar los resultados de la encuesta, el *virtual Set Top Box* a través del canal de retorno (red inalámbrica) solicitará al servidor, los votos acumulados para generar las estadísticas. Como se observa los resultados de la votación muestran los hospitales que pasaron el 50% de aprobación, indicado mediante el símbolo “√” y los que no aprobaron por el símbolo “x”. Asimismo muestra las estadísticas de votos para cada hospital (H. Rebagliati, H. Alamenara, H. Sabogal).



Figura 5.5 – Resultados de la encuesta

### 5.3 Librería *tcp.lua* para el canal de retorno

A la fecha existen librerías externas como el *LuaSql* [63] y *LuaSocket* [64] para el desarrollo de aplicaciones de interactividad remota. El *LuaSql* es una interface para el acceso a una base de datos (*MySQL* [65], *PostgreSQL*, ODBC, ADO y Oracle) desde un script Lua. Mientras el *LuaSocket* es una extensión para conexiones a nivel de la capa de transporte mediante los protocolos TCP y UDP desde un script Lua. Estas librerías externas no forman parte del estándar del Ginga-NCL, por lo tanto no están incluidas en el middleware Ginga del *Set Top Box*. Si bien es cierto el *Set Top Box* fue diseñado con hardware limitado en procesamiento y almacenamiento, la carga de estas librerías sobrecargaría el *Set Top Box*. Pero de lado del desarrollador se facilitaría el desarrollo de aplicaciones interactivas para la televisión digital.

Actualmente el *middleware* Ginga-NCL para el desarrollo de aplicaciones interactivas con canal de retorno cuenta con la librería *tcp.lua*; donde a través de conexiones a nivel de la capa de transporte (protocolo TCP) del modelo TCP/IP permite acceder a los servicios alojados en un servidor remoto. Las funciones de la librería *tcp.lua* se describen en la Tabla 5.1.

| Comando              | Descripción  |
|----------------------|--|
| connect (host, port) | Conecta con un servidor por medio del protocolo TCP                                    |
| disconnect ()        | Finaliza la conexión TCP y retorna inmediatamente                                      |
| execute (f, ...)     | Función que debe ser llamada para iniciar una conexión TCP                             |
| handler (evt)        | Función tratadora de eventos   |
| receive (pattern)    | Recibe respuesta de una solicitud enviada previamente al servidor                      |
| send (value)         | Envía una solicitud TCP al servidor en cual se está conectado y retorna inmediatamente |

Tabla 5.1 – Funciones de la librería *tcp.lua*

En la Figura 5.6 se representa la operación del *tcp.lua* en un escenario de red de comunicaciones (canal de retorno). Como se observa sigue el modelo de comunicación cliente-servidor. Podemos

indicar que el cliente (*Set Top Box*) para comunicarse con el servidor, solicita conexión de tipo *http* a través del puerto 80.

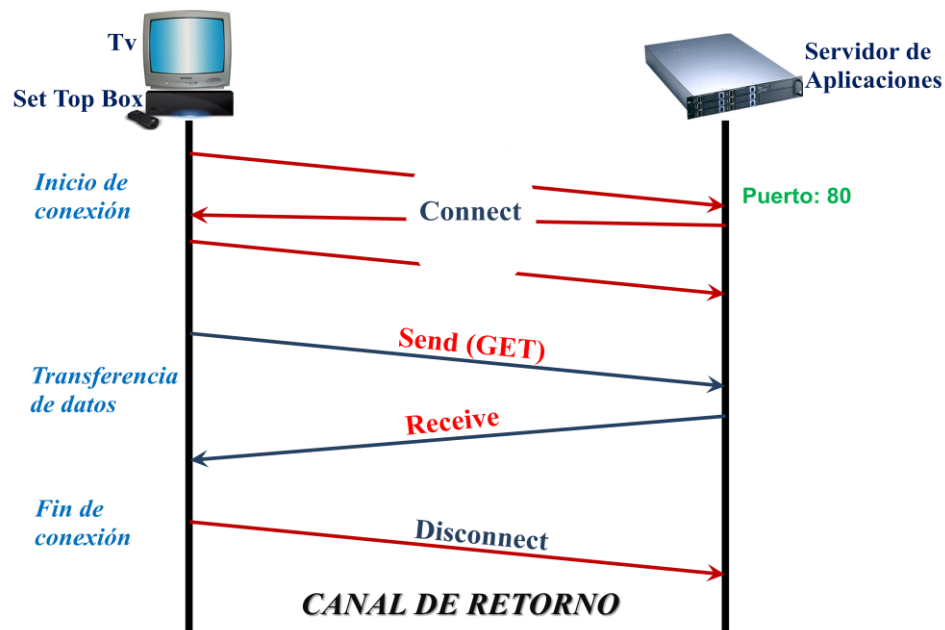


Figura 5.6 – Operación *tcp.lua*

La operación de *tcp.lua* para la conexión a través del canal de retorno, sigue las 03 fases: fase de establecimiento de conexión, fase de transferencia de datos y la fase de liberación o fin de conexión.

En la fase de establecimiento de conexión, se establece el canal virtual entre el *Set Top Box* y el servidor remoto a través del puerto 80/*tcp*. En la fase de transferencia de datos, se envía los datos (cuenta de votos) hacia el servidor y viceversa. En la fase de fin de conexión se libera el canal virtual.

La librería *tcp.lua* solo permite conexiones de tipo TCP, no tiene sentencias para conectarse de manera directa a una base de datos; por lo tanto para el desarrollo de aplicaciones *T-Voting* hace necesario el uso de lenguajes como el *PHP* [66], *JSP*, etc. para el acceso a la base de datos en el lado del servidor.

La librería *tcp.lua* es el encargado de realizar conexiones entre el *Set Top Box* y el servidor a través del canal de retorno. Como se muestra en la Figura 5.7, el *Set Top Box* con el *middleware* Ginga-NCL incorporado soporta la librería *tcp.lua* para solicitar conexiones de tipo *http/tcp* a través del puerto 80 al servicio Web Apache instalado en el servidor.

En el lado del servidor para el acceso a la base de datos MySQL se realiza a través del lenguaje PHP (*Hypertext Preprocessor*); donde el servicio Web Apache y MySQL están instalados en un solo servidor; por lo tanto el acceso desde el servicio Web Apache a la base de datos se realiza de manera local.

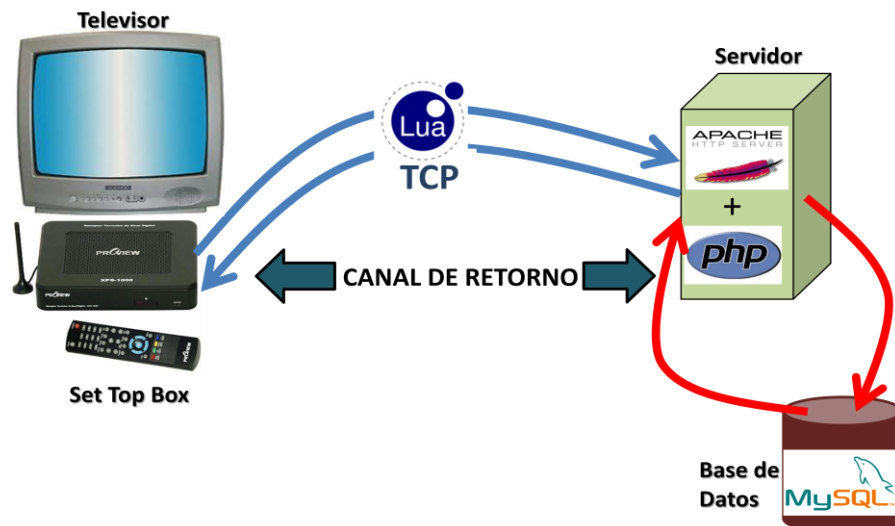


Figura 5.7 – Conexión *Set Top Box* y Servidor

Como se observa en la figura anterior, en el lado del servidor se encuentra instalado el motor de base de datos MySQL. Para nuestra aplicación *T-Voting* se ha creado una base de datos llamado “encuesta” y la tabla “encuesta”; donde se almacenan los votos de la encuesta. En la Figura 5.2 se muestra la estructura de tabla; donde se muestran los campos (hospital, si, no y nose) y el número de votaciones para cada hospital.

|                          |  |  | hospital   | si | no | nose |
|--------------------------|--|--|------------|----|----|------|
| <input type="checkbox"/> |  |  | rebagliati | 59 | 29 | 11   |
| <input type="checkbox"/> |  |  | almenara   | 33 | 48 | 12   |
| <input type="checkbox"/> |  |  | sabogal    | 20 | 11 | 17   |

Tabla 5.2 – Base de datos de la aplicación *T-Voting*

## 5.4 Implementación de interactividad con el *Set Top Box*

Las pruebas de interactividad se realizaron entre el laboratorio de cómputo del IMCA [67] (ubicación del *Set Top Box*) y INICTEL-UNI, conectado a la RAAP (ubicación del servidor de base de datos), como se aprecia en la Figura 5.8. El televisor está conectado al *Set Top Box* a través de la interfaz de video compuesto; también se cuenta con una memoria USB, donde se almacena la estructura de archivos de la aplicación interactiva (*T-Voting*) y luego es conectado al puerto USB del *Set Top Box* para la carga o ejecución del aplicativo mediante el control remoto.

El *Set Top Box* por el puerto RJ45 ethernet es conectado a la red LAN, por donde se envían los datos al servidor.



Figura 5.8 – Ambiente de laboratorio del IMCA-UNI

En lado del INICTEL-UNI se cuenta con servidor de aplicaciones donde se encuentra la base de datos MySQL, Apache Web y los scripts en PHP. Este servidor se encuentra instalado en la red LAN de la RAAP. En la Figura 5.9 se muestra el servidor ubicado en la red LAN de la RAAP y la pantalla con los resultados de la votación consultado desde el Internet. Para la presentación de los resultados de la votación desde un navegador web está escrito en PHP y HTML (*HyperText Markup Language*, Lenguaje de Marcado de Hipertexto) y alojado en el directorio raíz del Apache Web.

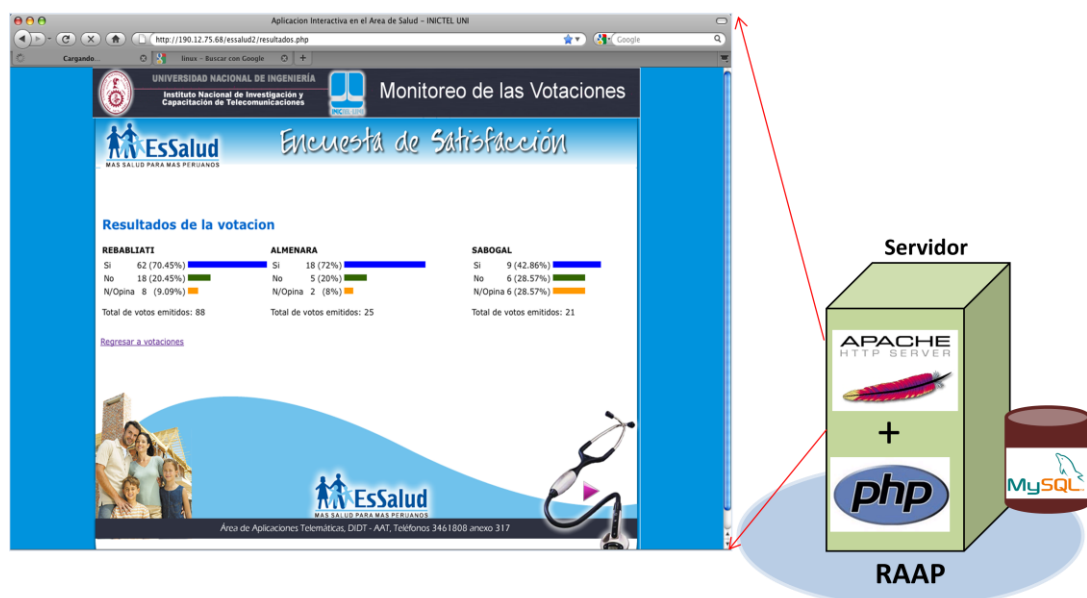


Figura 5.9 – Servidor ubicado en el INICTEL-UNI

#### *Demostración de la interactividad de tipo T-Voting*

La carga de la aplicación interactiva *T-Voting* al *Set Top Box* se realiza mediante su puerto USB, para la demostración de la interactividad en la pantalla del televisor. En las Figuras (5.10, 5.11, 5.12 y 5.13) se muestran las pantallas capturadas de las pruebas de interactividad con el canal de retorno inalámbrico. Las pruebas de interactividad se realizaron sintonizando la programación de canal ATV (señal digital UHF, canal 18).



Como se puede observar en la Figura 8, durante la transmisión del programa aparece el símbolo de interactividad “i”, la cual puede ser seleccionada pulsando el botón ROJO del control remoto.

Una vez presionado el botón “rojo” aparece la pantalla de interactividad asociado al programa de televisión emitido por el canal ATV.



Figura 5.10 – Pantalla de inicio de interactividad

Como se puede observar en la Figura 5.11, se muestran las imágenes de 03 hospitales de EsSalud (H. Rebagliati, H. Almenara y H. Sabogal) que el telespectador seleccionará mediante el control remoto para realizar la votación.



Figura 5.11 – Pantalla de selección de hospitales

En la Figura 5.12 se muestra la pantalla con las opciones de votación (si, no y no opina) correspondientes al hospital elegido por el telespectador. Por lo tanto el telespectador elegirá una opción de acuerdo a su criterio de voto.



Figura 5.12 – Pantalla de opciones de voto (si, no, no opina)

En la Figura 5.13 se muestran la pantalla con los resultados de la encuesta. Para la representación de las estadísticas de la encuesta en la pantalla (conteo de votos), los datos son enviados al servidor de base de datos a través del canal de retorno inalámbrico y luego solicitados para el conteo de votos y mostrarlos en la pantalla. Finalmente para salir de la pantalla de interactividad, se pulsara el botón “verde” del control remoto.



Figura 5.13 – Pantalla de resultados de votación

## 5.5 Conclusiones

La aplicación interactivo *T-Voting*, “Encuesta de 03 hospitales de EsSalud” permitirá realizar una encuesta a través del televisor convencional, utilizando como canal de retorno la red inalámbrica o vía Internet. El aplicativo interactivo *T-Voting* se desarrolló utilizando el lenguaje NCL y Lua, bajo el estándar middleware Ginga-NCL; y fue probado en un *Set Top Box* con soporte Ginga-NCL.

Para el desarrollo de aplicaciones interactivas con canal de retorno, como *T-Voting*, *T-Learning*, *T-Commerce*, *T-Government*, etc.; se debe seguir el lenguaje de programación orientado a

eventos NCLua (NCL+Lua) con la librería *tcp.lua*. Asimismo a la fecha el estándar middleware Ginga-NCL, soporta el *tcp.lua* para conexiones a través del canal de retorno. Por lo tanto los *Set Top Box* con Ginga-NCL soportan esta librería como parte de su sistema operativo, basado en el sistema Linux.

Es oportuno indicar que la aplicación desarrollada *T-Voting* “Encuesta de 03 hospitales de EsSalud”, es el primer aplicativo interactivo en el Perú, probada en un escenario inalámbrico Pre-WiMAX e Internet como canal de retorno.

En el capítulo 4, se analizaron el envío de esta aplicación por un proceso de *Datacasting*, desde el SAI (Servidor de Aplicaciones Interactivas) hacia los telespectadores (RTDI). En el siguiente capítulo 6 se analizan el proceso inverso de envío de información (votos de la encuesta) por parte de los telespectadores hacia el SAI; para el análisis se realizaron simulaciones de interactividad utilizando la tecnología ADSL y WiFi, como canal de retorno.

## **VI. Análisis de la propuesta para el canal de retorno**

### **6.1 Introducción**

De acuerdo al modelo propuesto para el canal de retorno para la televisión digital terrestre, descrito en el capítulo anterior; de donde se deduce que las alternativas tecnológicas de conectividad serán variadas; una de las tecnologías más usadas será la tecnología ADSL en conjunto con la tecnología WiFi; esta solución tecnológica se implementarán en lugares donde la infraestructura de telecomunicaciones es precaria o simplemente no existe.

En este capítulo se realiza pruebas de interactividad utilizando un *Set Top Box* con soporte Ginga-NCL, un televisor analógico, y como canal de retorno el enlace inalámbrico Pre-WiMAX y vía Internet. La aplicación *T-Voting* (encuesta de 03 hospitales de EsSalud) para realizar la interactividad es cargando al *Set Top Box* mediante una memoria USB. Los resultados de

lavotación se envían al servidor de base de datos remoto través del canal de retorno. De esta manera se validan el funcionamiento del canal de retorno para la televisión digital terrestre.

De las pruebas de interactividad realizadas se obtiene los parámetros del tráfico generado por la aplicación *T-Voting* (tamaño de paquete y la tasa de transmisión); estos parámetros se utilizarán durante las simulaciones de los escenarios de interactividad con canal de retorno.

En este capítulo, también se realizan simulaciones con el NS-2 de un escenario de interactividad de canal de retorno con tecnologías ADSL y WiFi para la comunidad de Santa Clara-Ate; donde son analizados los indicadores de calidad de servicio: rendimiento, retardo, variación de retardo y el porcentaje de bloqueo o pérdida de paquetes. Los flujos generados por la aplicación *T-Voting* utilizan el protocolo TCP NEWRENO, que vienen implementados en los *Set Top Box* con soporte Ginga-NCL, este flujo es caracterizado por PARETO para las simulaciones en NS-2. Para la evaluación de los indicadores de QoS se adicionan flujos generados por la aplicación VoIP que utiliza el UDP, caracterizado por CBR. Finalmente los indicadores de QoS son mostrados de manera gráfica utilizando las herramientas del NS-2.

## **6.2 Pruebas de interactividad en un canal de retorno inalámbrico**

Las pruebas de interactividad se realizaron en el enlace inalámbrico (INICTEL-UNI – IMCA), como canal de retorno para la televisión digital terrestre. El enlace está implementado con una radio inalámbrica de Banda Ancha, cuyas características se detallan a continuación:

- Radio Alvarion, BreezeNet B100
- Punto a Punto 5.8 GHz, Pre-WiMAX
- Tecnología Radio: OFDM
- Rendimiento: 70 Mbps
- Componente: Unidad Base (BU) y Remoto (RB)



- Antena externa: Grid de 23dB
- Altura de la torre promedio: 20 m

En la Figura 6.1 se muestra la ubicación física del enlace INICTEL/UNI – IMCA. Como se observa existe línea de vista, y la distancia promedio entre los dos puntos son de 5Km.



Figura 6.1 – Enlace inalámbrico INICTEL-UNI – IMCA

Para el escenario de pruebas de interactividad con canal del retorno inalámbrico, cuya topología de red se muestra en la siguiente Figura 6.2. Asimismo se muestran los equipos, enlaces, nodo RAAP (Red Académica Peruana) y direcciones IPs utilizadas durante la experiencia.

Como se muestra en la Figura 6.2 el enlace inalámbrico desde el INICTEL-UNI hasta el IMCA es una extensión del nodo RAAP. En el lado del INICTEL-UNI se encuentra el servidor de base de datos que será consultado desde el IMCA a través del canal de retorno inalámbrico.

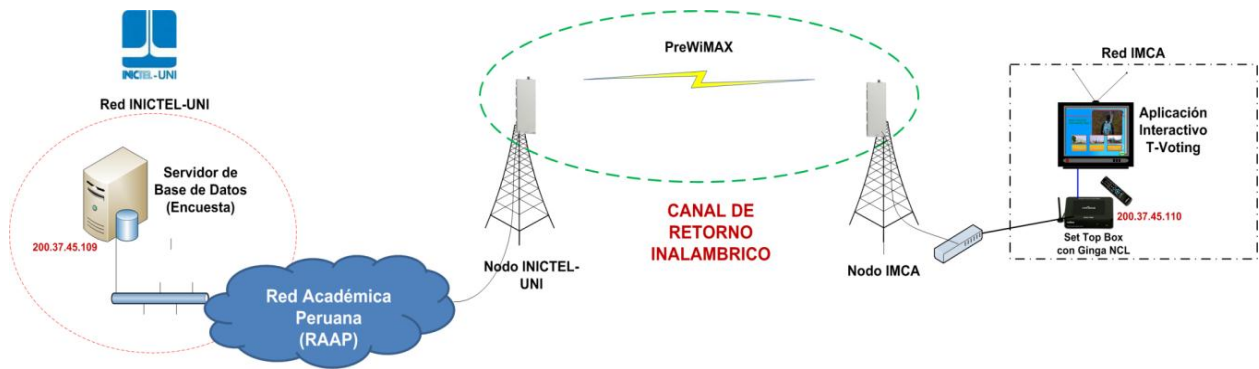


Figura 6.2 – Escenario interactivo con canal de retorno inalámbrico

En el lado del IMCA se tiene el *T-Voting* conectado a la red LAN del IMCA. Asimismo se dispone de un televisor analógico de tubo de rayos catódicos (CRT) conectado a la interfaz de video compuesto del *Set Top Box*. En la Tabla 6.1 se muestran los equipos y/o accesorios utilizados durante las pruebas de interactividad.

| Equipo              | Marca/Modelo                       |
|---------------------|------------------------------------|
| <i>T-Voting</i>     | Proview/XPS1000, soporte Ginga-NCL |
| Televisor Analógico | SAMSUNG/32"                        |
| USB                 | KINGSTON 2GB                       |
| Antena              | Miray                              |

Tabla 6.1 – Equipos y/o accesorios utilizados

### 6.2.1 Tráfico generado por la aplicación interactiva *T-Voting*

Para el análisis del tráfico generado por la aplicación interactiva *T-Voting*, se utilizaron las herramientas *Wireshark* [68] y *NetLimiter* [69]; siguiendo la siguiente configuración de red.

```

STB_Virtual_Ginga-NCL(192.168.125.128)  ----  PC_NAT(10.0.1.88)  ----
Router_NAT(190.12.75.66)  ----  Servidor_Base_Datos (190.12.88.10)

```



### Captura del tamaño del paquete

En la Figura 6.3 se muestran las capturas realizadas para la evaluación del tamaño del paquete originado por la aplicación *T-Voting*.

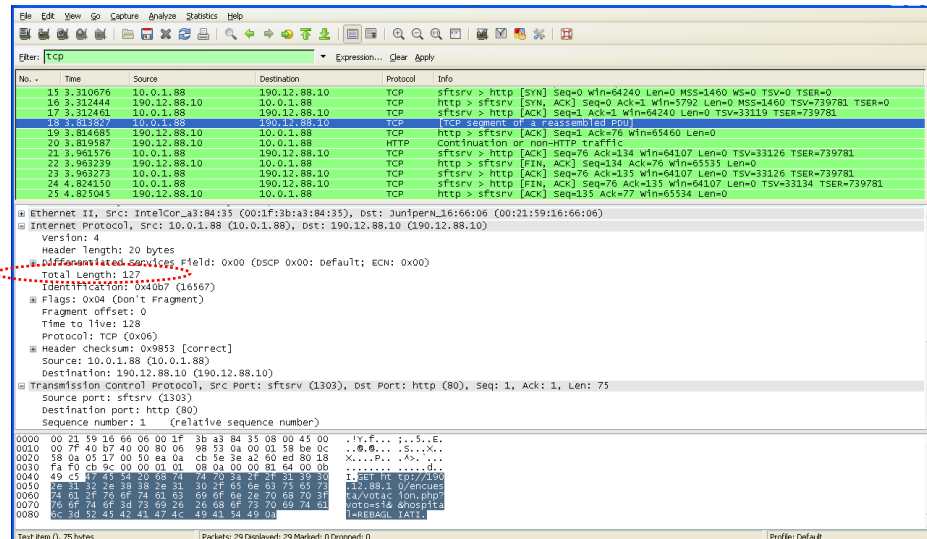


Figura 6.3 – Captura de paquetes en la PC STB Virtual

Como podemos observar de la Figura anterior, la captura con el *Wireshark* muestra a nivel de la capa de Internet del modelo TCP/IP, el tamaño del paquete a la salida del STB virtual Ginga-NCL son de 127 Bytes.

En la Figura 6.4 se muestra la captura realizada en el lado del servidor de base de datos; donde el tamaño del paquete capturado son de 115 Bytes. Como podemos observar el tamaño del paquete varía de acuerdo al NAT (*Network Address Translation*, Traslación de Direcciones de Internet) que se encuentra entre el STB virtual Ginga-NCL y el Servidor de Base de Datos. Los NATs modifican el formato de la cabecera del segmento TCP.

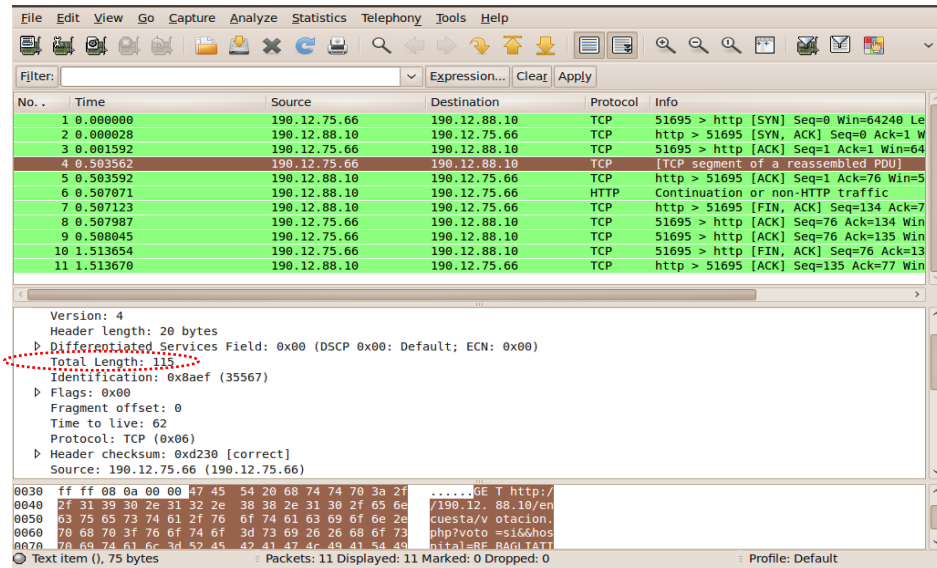


Figura 6.4 – Captura de paquetes en el servidor

La captura de paquetes originados en el lado del Servidor de Base de Datos se muestra en la Figura 6.5. Como se observa, el Servidor devuelve como resultado de la consulta un paquete IP de tamaño de 173 Bytes. Esta respuesta es la estructura de datos generados en el lado del Servidor, correspondiente a los conteos de votos para cada hospital, y finalmente el STB Virtual Ginga-NCL represente en la pantalla del televisor las estadísticas de voto, como resultado de la encuesta realizada.

De las capturas realizadas del tráfico generado por la aplicación *T-Voting*, el tamaño promedio del paquete son de 100 Bytes. Por lo tanto para el análisis de escenarios del canal de retorno con interactividad *T-Voting* mediante simulaciones, se recomienda configurar a 100 Bytes el tamaño del paquete.

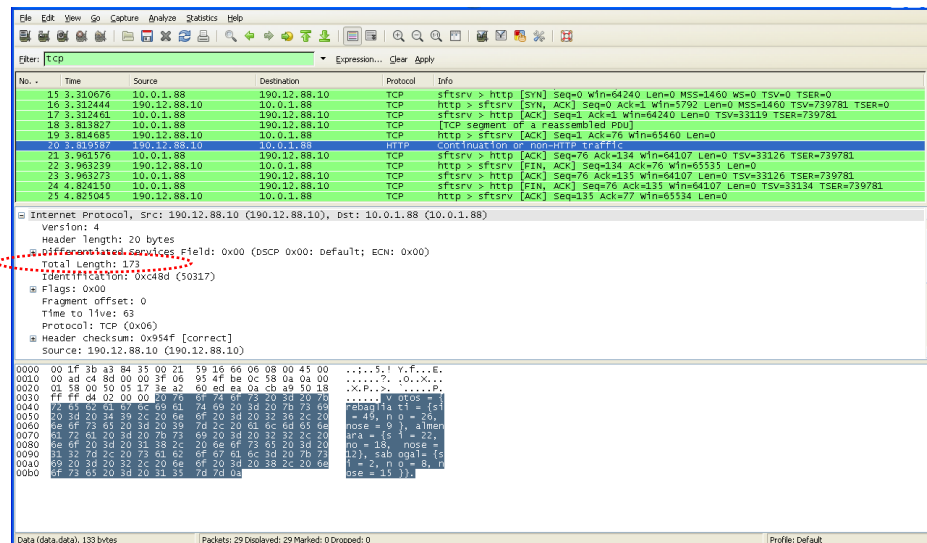


Figura 6.5 – Captura de consulta de datos del servidor

### Captura de tasa de transmisión

Para la medición de tasa de transmisión por el aplicativo *T-Voting* se utilizó el *NetLimiter/Wireshark*, obteniéndose como resultado, la tasa de transmisión promedio de 5 Kbps, como se muestra en la Figura 6.6.

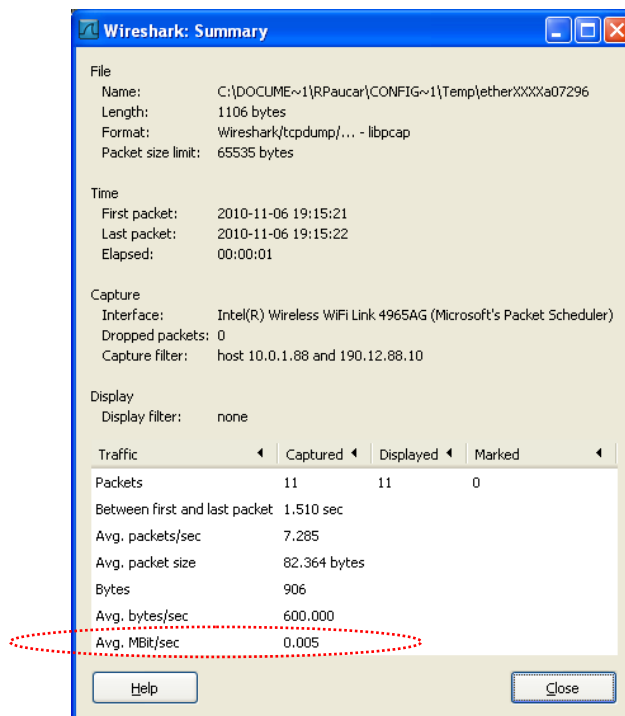


Figura 6.6 – Tasa de transmisión para T-Voting

Así también, para el análisis de escenarios del canal de retorno con interactividad *T-Voting* mediante simulaciones, se recomienda configurar a 5 Kbps la tasa de transmisión.

### **6.3 Escenario de Simulación de Canal de Retorno**

Considerando que los lugares con inclusión digital limitada, son considerados los lugares con poca densidad poblacional y/o con una población de bajo ingreso económico; algunos escenarios importantes precisan ser considerados, como las ciudades urbanas pobres, las zonas rurales y las comunidades de los alrededores de Lima-Metropolitana. En este trabajo, para la evaluación de la alternativa tecnológica para el canal de retorno, el escenario elegido fue la comunidad de Santa Clara perteneciente al distrito de Ate. Según el INEI [70], el distrito de Ate cuenta con una población estimada de 478,278 habitantes. En la zona de Santa Clara se observa la carencia de infraestructura de telecomunicaciones para el acceso a la información, la única tecnología de acceso fijo a Internet es el ADSL y la mayoría de la población no cuenta con esta tecnología por el pago mensual del servicio. Lo que se observa también en esta zona existen enlaces inalámbricos con la tecnología WiFi para el acceso a Internet. Los enlaces inalámbricos son básicamente extensiones del servicio de Internet mediante la tecnología ADSL. Para la simulación del canal de retorno en la comunidad de Santa Clara se ha considerado un área de 450x450 m, ubicados los 10 telespectadores (nodos inalámbricos WiFi) en las casas o domicilios, que accederán a los servicios interactivos brindados por la televisión digital terrestre. En la Figura 6.7 se muestra la vista panorámica de la comunidad de Santa Clara, en el cual se simula la ubicación de los telespectadores ubicados en sus domicilios.



Figura 6.7 – Vista panorámica de la comunidad Santa Clara - Ate

Los flujos de datos generados por cada telespectador ubicado en las casas son de tipo *T-Voting* y para la evaluación de los indicadores de QoS (rendimiento, retardo, variación de retardo y porcentaje de bloqueo) se adicionan un tráfico VoIP (Voz sobre IP).

### 6.3.1 Parámetros de simulación

Para las simulaciones de los escenarios interactivos con canal de retorno, se han considerado 02 (dos) tipos de tráfico para NS-2: *Pareto* [71] que caracteriza al comportamiento de la aplicación *T-Voting* que utiliza como protocolo a nivel de transporte, el TCP (*Transmission Control Protocol*, Protocolo de Control de Transmisión), con una tasa de transmisión de 5Kbps y tamaño del paquete de 100 Bytes. Se considera adicionalmente el CBR (*Constant Bit Rate*, Tasa de Bit Constante) que utiliza el protocolo UDP (*User Datagram Protocol*, Protocolo de Datagrama de Usuario), que caracteriza el comportamiento del servicio de VoIP con CODEC G.711, con una tasa

de transmisión de 64Kbps y tamaño de paquete de 160 Bytes. Este tráfico es considerado para la evaluación de los indicadores de QoS de la tecnología de conectividad utilizado como canal de retorno. En la Tabla 6.2 se muestran los detalles de las fuentes de los tráficos utilizados en las simulaciones con el NS-2.

| <b>Aplicación</b> | <b>Tipo de tráfico NS2</b> | <b>Parámetros de simulación</b> |           |
|-------------------|----------------------------|---------------------------------|-----------|
| <i>T-Voting</i>   | Pareto                     | Promedio de tiempo activo       | 50 ms     |
|                   |                            | Promedio de tiempo parado       | 100 ms    |
|                   |                            | Tamaño del paquete              | 100 Bytes |
|                   |                            | Tasa de transmisión             | 5 Kbps    |
| VoIP              | CBR                        | Tamaño del paquete              | 160 Bytes |
|                   |                            | Tasa de transmisión             | 64Kbps    |

Tabla 6.2 – Tipos de fuentes utilizados en el NS-2

Con respecto a los protocolos del nivel de transporte, el *Set Top Box* con soporte Ginga-NCL para la conexión a través del canal de retorno utiliza la librería *tcp.lua*. El middleware Ginga-NCL está basado en el sistema operativo Linux. Por lo tanto el protocolo utilizado a nivel de transporte es el TCP NEWRENO. En la tabla 6.3 se muestran los valores de los parámetros de TCP NEWRENO considerados durante la simulación con el NS-2.

| <b>Agente nivel de transporte</b> | <b>Parámetros de simulación</b>   |             |
|-----------------------------------|---|-------------|
| TCPNewreno                        | Ventana TCP   | 20 paquetes |
|                                   | Límite superior de la ventana de congestión de la conexión TCP ( <i>maxcwnd</i> ) | 20 paquetes |
|                                   | Tamaño inicial de la ventana de congestión slow-start ( <i>windowInit</i> )       | 2 paquetes  |
|                                   | Tamaño del paquete  | 100 Bytes   |
|                                   | Valor actual del umbral de slow-start ( <i>ssthresh</i> )                         | 5 paquetes  |
|                                   | Retransmission de paquetes ( <i>tcpexmtthresh</i> )                               | 3           |

Tabla 6.3 – Parámetros de TCP NEWRENO en NS-2

### 6.3.2 Simulación: Escenario de canal de retorno WiFi/ADSL

La tecnología de conectividad utilizada como canal de retorno son: la tecnología WiFi IEEE 802.11 y el ADSL. Siguiendo el modelo propuesto en el capítulo 4, los elementos de este escenario son: el PCR (Proveedor de Canal de Retorno), 10 RTDI (Receptor de Televisión Digital Interactiva), el PTDI (Proveedor de Televisión Digital Terrestre) y el SAI (Servidor de Aplicaciones Interactivas). En la Figura 6.8 se muestra el escenario interactivo para la simulación respectiva.

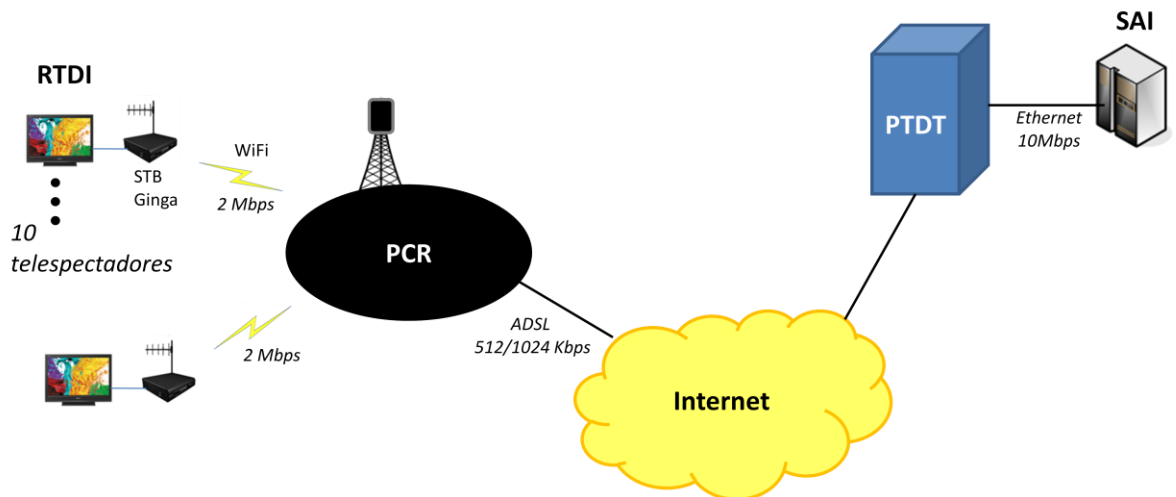


Figura 6.8 – Topología del escenario interactivo WiFi/ADSL

Con respecto al enlace inalámbrico WiFi, se han considerado para la comunidad de Santa Clara el equipo inalámbrico Ubiquiti XR2 que cumple con el estándar IEEE 802.11 a/b/g, recomendable para la cobertura para este escenario. Por lo tanto los parámetros de configuración considerados en base al equipo inalámbrico, para los nodos inalámbricos (RTDI) durante la simulación con el NS-2 se muestran en la Tabla 6.4.

| Parámetros                      | Valor      |
|---------------------------------|------------|
| Potencia                        | 630 mWatts |
| Ganancia de la antena           | 1.0        |
| Tasa (IEEE 802.11)              | 2 Mbps     |
| Frecuencia                      | 2.4 GHz    |
| Modelo de Error (% de pérdidas) | 0.001      |

Tabla 6.4 – Detalle de simulación para los nodos inalámbricos (RTDI)

Con respecto al enlace alámbrico ADSL, se tiene una tasa o velocidad de acceso de 256Kbps/512Kbps (tráfico de subida/tráfico de bajada), y un retardo de 50 ms considerados para la simulación.

En la Figura 6.9 se muestra el escenario de canal de retorno representado en el simulador NS-2 (NAM); donde se observa los nodos inalámbricos RTDI (3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 y 12) relacionado a cada telespectador, que están conectados de manera inalámbrica según el estándar IEEE 802.11 al nodo PCR (2); y esto a su vez está conectado físicamente utilizando la tecnología ADSL al nodo SAI (0), que está ubicado detrás del nodo PTDT (1).

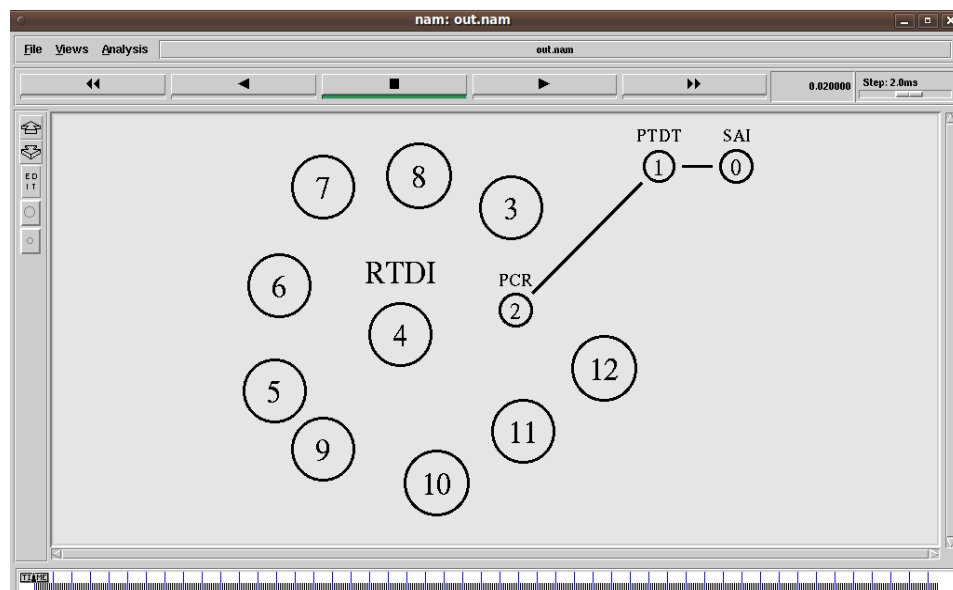


Figura 6.9 – Topología del escenario interactivo WiFi/ADSL en NS-2



Durante las simulaciones con el NS-2 se realizaron variaciones en la generación de los flujos de datos por los nodos de la topología mostrados en la figura anterior; donde se realizaron 10 simulaciones en total. A continuación se detallan los procedimientos de las simulaciones realizadas.

*A. Determinación de los nodos fuentes (de origen) de tráfico*

- a) Simulación 0: 10 Flujos TCP ( $T\text{-Voting}=\text{Pareto}$ ) y ningún Flujo CBR

Los nodos que originan los flujos TCP: 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 y 12

No se originan ningún flujo CBR

- b) Simulación 1: 10 Flujos TCP ( $T\text{-Voting}=\text{Pareto}$ ) y 1 Flujo CBR

Los nodos que originan los flujos TCP: 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 y 12

El nodo que origina el flujo CBR: 3

- c) Simulación 2: 10 Flujos TCP ( $T\text{-Voting}=\text{Pareto}$ ) y 2 Flujo CBR

Los nodos que originan los flujos TCP: 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 y 12

Los nodos que originan los flujos CBR: 3 y 4

- d) Simulación 3: 10 Flujos TCP ( $T\text{-Voting}=\text{Pareto}$ ) y 3 Flujo CBR

Los nodos que originan los flujos TCP: 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 y 12

Los nodos que originan los flujos CBR: 3, 4 y 5

- e) Simulación 4: 10 Flujos TCP ( $T\text{-Voting}=\text{Pareto}$ ) y 4 Flujo CBR

Los nodos que originan los flujos TCP: 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 y 12

Los nodos que originan los flujos CBR: 3, 4, 5 y 6

f) Simulación 5: 10 Flujos TCP (*T-Voting*=Pareto) y 5 Flujo CBR

Los nodos que originan los flujos TCP: 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 y 12

Los nodos que originan los flujos CBR: 3, 4, 5, 6 y 7

g) Simulación 6: 10 Flujos TCP (*T-Voting*=Pareto) y 6 Flujo CBR

Los nodos que originan los flujos TCP: 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 y 12

Los nodos que originan los flujos CBR: 3, 4, 5, 6, 7 y 8

h) Simulación 7: 10 Flujos TCP (*T-Voting*=Pareto) y 7 Flujo CBR

Los nodos que originan los flujos TCP: 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 y 12

Los nodos que originan los flujos CBR: 3, 4, 5, 6, 7, 8 y 9

i) Simulación 8: 10 Flujos TCP (*T-Voting*=Pareto) y 8 Flujo CBR

Los nodos que originan los flujos TCP: 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 y 12

Los nodos que originan los flujos CBR: 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 y 10

j) Simulación 9: 10 Flujos TCP (*T-Voting*=Pareto) y 9 Flujo CBR

Los nodos que originan los flujos TCP: 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 y 12

Los nodos que originan los flujos CBR: 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 y 11

*B. Determinación de los nodos destino de los tráfico*

El nodo 0 (SAI) es el receptor de los flujos originados en los en los nodos transmisores (3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 y 12).

El tiempo de cada simulación es considerado de 50 segundos y el tamaño del grid (área) utilizado es de 450x450 metros, siendo suficiente para cubrir toda la extensión del escenario propuesto.

### 6.3.3 Resultados obtenidos de la simulación

#### *Rendimiento*

Este parámetro fue calculado a partir del promedio del rendimiento de los paquetes recibidos por los nodos de destino, en la ecuación 1 se representa

$$\text{Rendimiento} = \frac{Q_r.T.8}{T_s.1000} [Kbps] \quad (1)$$

Donde:

$Q_r$ : Cantidad de paquetes recibidos por el nodo destino

$T$ : Tamaño de los paquetes en Bytes

$T_s$ : Tiempo de simulación

En la Figura 6.10 se muestran los resultados obtenidos con respecto al rendimiento para los flujos *T-Voting* y CBR en una red WiFi/ADSL como canal de retorno.

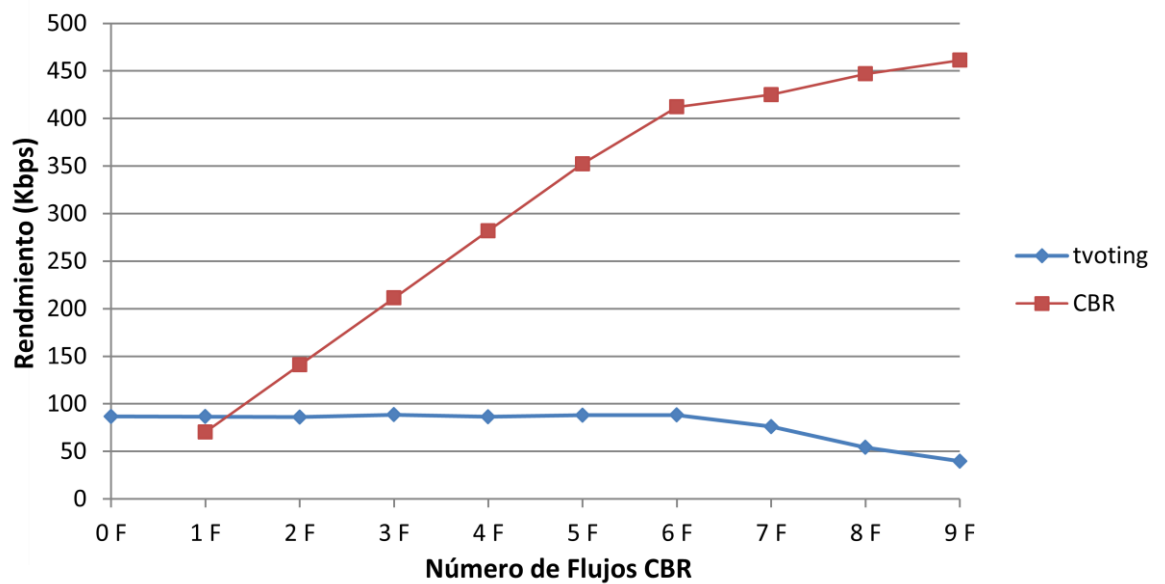


Figura 6.10 – Gráfico en relación al Rendimiento

De la Figura 6.10, el rendimiento para el flujo *T-Voting*, según el aumento del flujo 6 F (6 flujos CBR originados) disminuye; donde a partir del punto 6 F se genera la saturación del enlace correspondiente a la conexión ADSL.

### Retardo

La evaluación de este parámetro fue calculada a partir del retardo promedio de todos los paquetes enviados por la red, de acuerdo a la siguiente fórmula.

$$\text{Retardo} = Tr - Ts[ms] \quad (2)$$

Donde:

$Tr$ : tiempo en que el paquete fue recibido

$Ts$ : tiempo en que el paquete fue enviado

En la Figura 6.11 se muestran los resultados obtenidos con respecto al retardo para los flujos originados *T-Voting* y CBR en una red WiFi/ADSL como canal de retorno.

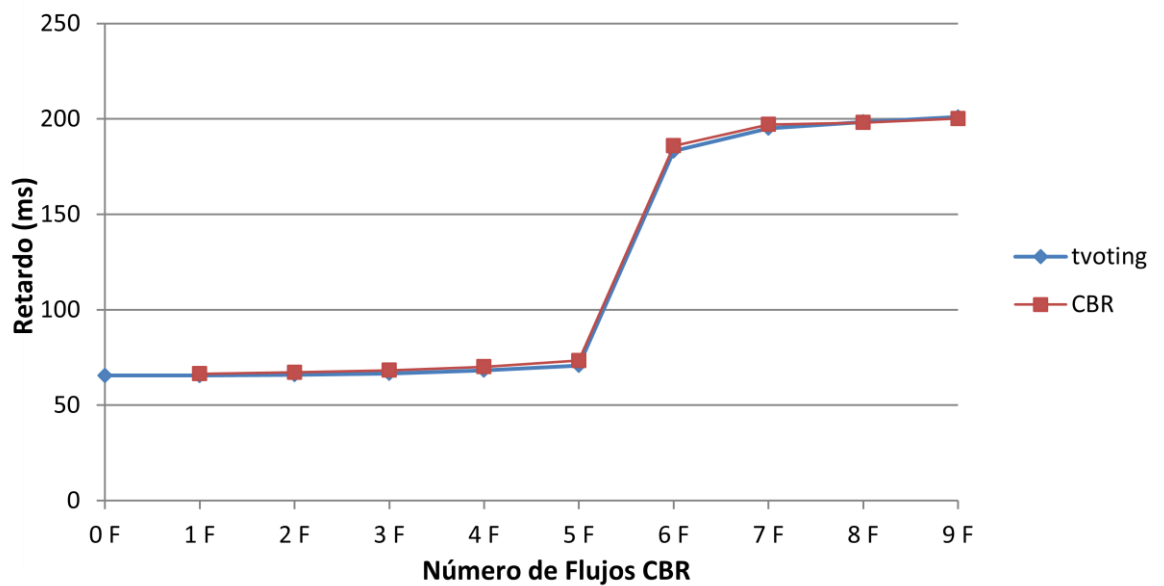


Figura 6.11 – Gráfico en relación al Retardo

De la Figura 6.11 el retardo promedio experimentado para el flujo *T-Voting* varía ligeramente a 70 ms hasta el aumento del flujo 5 F (5 flujos CBR originados). A partir del aumento hasta el flujo 6 F (6 flujos CBR originados), el retardo aumenta bruscamente hasta llegar a 183 ms.

#### *Variación de retardo*

La variación de retardo para esta simulación aumenta de manera significativo a partir del incremento del flujo 6 F (6 flujos CBR originados). Los altos niveles de retardo y variación de retardo afectan más a las aplicaciones con requisitos rigurosos de QoS, como video y audio que se caracterizan por la transmisión en tiempo real, mas no causan grandes problemas en las aplicaciones interactivas de tipo *T-Voting*, que son básicamente datos de tipo página Web (texto plano).

*Porcentaje de bloqueo o pérdida de paquetes*

Este indicador fue calculada en base a los paquetes que salen de los nodos fuente (los nodos fuentes fueron alterados conforme el aumento de flujos CBR en cada simulación) y son recibidos por el nodo 0 (SAI). Según la siguiente fórmula es calculado el porcentaje de pérdidas de paquetes.

$$\% \text{ pérdidas} = \frac{Q_p}{Q_e} \cdot 100[\%] \quad (3)$$

Donde:

$Q_p$ : Cantidad de paquetes perdidos

$Q_e$ : Cantidad total de paquetes enviados

En la Figura 6.12 se muestran los resultados obtenidos con respecto al rendimiento para los flujos *T-Voting* y CBR en una red WiFi/ADSL como canal de retorno.

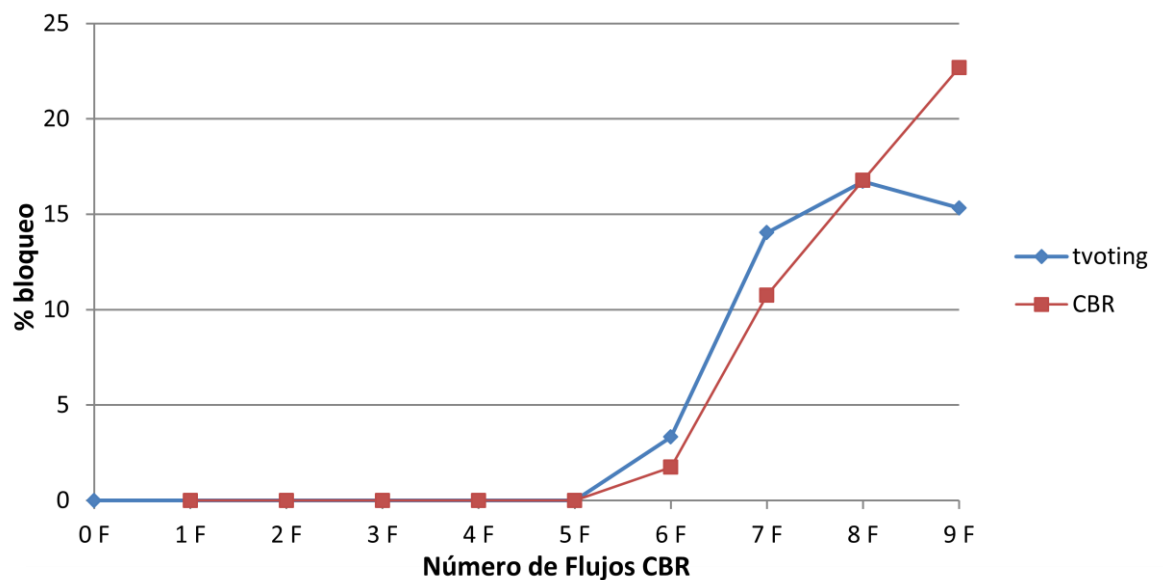


Figura 6.12 – Gráfico en relación al porcentaje de pérdida de paquetes

De la Figura 6.12, antes del aumento del flujo 5 F (5 flujos CBR originados) no existe pérdida de paquetes. A partir del aumento hacia el flujo 6 F (6 flujos CBR originados), el porcentaje de paquetes perdidos para el flujo *T-Voting* es de 3%; y en el aumento hacia el flujo 7 F (7 flujos CBR originados), el porcentaje de paquetes perdidos para el flujo *T-Voting* es de 14.04%; en el aumento hacia el flujo 9 F (9 flujos CBR originados), el porcentaje de pérdida de paquetes disminuye de 16% a 15%, esto debido a que el *T-Voting* usa el protocolo TCP para el control de flujo y retransmisión de datos.

## 6.4 Consideraciones de WiFi para Canal de Retorno

De acuerdo a los estudios realizados en el capítulo 3, la tecnología WiFi es una de las alternativas para ser considerados como canal de retorno; esta tecnología es una propuesta sólida para lugares que no cuentan con una infraestructura de telecomunicaciones, como alrededores de Lima-Metropolitana y las zonas rurales.

Dentro de la tecnología inalámbrica WiFi, existen dos modos de operación: el modo Ad Hoc y el modo infraestructura que depende de un punto de acceso. Las redes Ad Hoc no necesitan de ninguna infra-estructura pre-instalada. En una red Ad Hoc los nodos se comunican directamente unos con los otros, cooperando para el funcionamiento de la red. Otra característica de las redes Ad Hoc inalámbricas es que cada nodo está limitado la comunicación solamente dentro de su radio de alcance. Es posible establecer redes de múltiples saltos, donde todos los nodos actúan como ruteadores. Esta alternativa tecnológica para el canal de retorno, es adecuado para escenarios o lugares donde exista alta densidad poblacional; donde los domicilios (hogares de los telespectadores) están físicamente ubicadas de manera continuo.

Para escenarios con poca densidad poblacional, como los hogares que están físicamente separadas, se recomienda una red inalámbrica, configurado en modo infraestructura o AP (*Access Point*). En la Figura 6.13 se muestra el monitoreo de las señales WiFi en los alrededores de Lima-Metropolitana; como se observa se cuenta con promedio de 21 AP que brindan acceso a Internet, esta medida se realizó a una distancia promedio de 1 Km.

AP Count: 21

| ID | BSSID             | SSID                             | Signal | Channel | Security | Choose                  |
|----|-------------------|----------------------------------|--------|---------|----------|-------------------------|
| 1  | 00-23-CD-1A-D1-77 | S/ 40 JL Moviles Telf.356-1187   | 36 dB  | 11      | OFF      | <a href="#">Connect</a> |
| 2  | 00-15-6D-5C-C3-30 | 994285681SUPER ATHEROS B+G+A     | 25 dB  | 11      | ON       | <a href="#">Connect</a> |
| 3  | 00-02-6F-55-07-D0 | 994285681 SANTA CLARA RED        | 17 dB  | 11      | ON       | <a href="#">Connect</a> |
| 4  | 00-28-ED-78-9F-55 | davilmar                         | 2 dB   | 11      | ON       | <a href="#">Connect</a> |
| 5  | 00-1B-9E-A4-A2-C8 | acastro 3563024                  | 3 dB   | 11      | OFF      | <a href="#">Connect</a> |
| 6  | 00-27-19-16-DC-A0 | DIN_OES (500_1000) 992189992     | 3 dB   | 1       | ON       | <a href="#">Connect</a> |
| 7  | 00-02-6F-61-8B-B5 | INTERNET SANCHEZ 992268312(S/40  | 16 dB  | 1       | ON       | <a href="#">Connect</a> |
| 8  | 00-02-6F-79-95-23 | SAN ALBERTO 992189992            | 27 dB  | 1       | ON       | <a href="#">Connect</a> |
| 9  | 00-15-6D-1C-4C-B4 | POWER SPEEDY 997485811           | 8 dB   | 1       | ON       | <a href="#">Connect</a> |
| 10 | 00-27-19-D0-17-B2 | GRATIS (992268312) (985597384) t | 14 dB  | 6       | ON       | <a href="#">Connect</a> |
| 11 | 00-04-ED-A2-27-B9 |                                  | 12 dB  | 6       | OFF      | <a href="#">Connect</a> |
| 12 | 00-28-ED-6D-13-12 | WLAN_1312                        | 5 dB   | 6       | ON       | <a href="#">Connect</a> |
| 13 | 06-02-6F-62-0E-19 | 994441742 con Clientes Limitados | 7 dB   | 13      | OFF      | <a href="#">Connect</a> |
| 14 | 00-27-19-16-DC-3E | APUnet                           | 10 dB  | 13      | ON       | <a href="#">Connect</a> |
| 15 | 0E-02-6F-62-0E-19 | Inst. en 24h, 3517925 S/50 mes   | 10 dB  | 13      | OFF      | <a href="#">Connect</a> |
| 16 | 0A-02-6F-62-0E-19 | Llame ya al 994441742, 998952607 | 10 dB  | 13      | OFF      | <a href="#">Connect</a> |
| 17 | 00-02-6F-74-A7-A7 | 999211957POWER MAX428*5681       | 21 dB  | 4       | ON       | <a href="#">Connect</a> |
| 18 | 1C-AF-F7-01-0D-9B | CORPORACION NETWORK 999211957    | 16 dB  | 8       | ON       | <a href="#">Connect</a> |
| 19 | 00-1F-1F-19-C6-A7 | KarLex_WIFI_998663829            | 36 dB  | 9       | ON       | <a href="#">Connect</a> |
| 20 | 00-1F-1F-20-B9-FB | DOTINA                           | 2 dB   | 9       | ON       | <a href="#">Connect</a> |
| 21 | 00-23-CD-FE-83-6D | Jose996665057                    | 17 dB  | 10      | ON       | <a href="#">Connect</a> |

Refresh

Terminado

Figura 6.13 – Gráfico en relación al porcentaje de pérdida de paquetes

Para el diseño del enlace inalámbrico entre el nodo PCR y los telespectadores (RTDI) se consideran: la distancia a cubrir, interferencia en la zona, frecuencia de operación y canal de operación; asimismo la capacidad del PCR para soportar la cantidad de usuarios o telespectadores que participarán de la interactividad. Estos criterios variaran de acuerdo a las diferentes zonas o lugares donde se implementará el servicio de la interactividad. Por ejemplo para la implementación del PCR en los alrededores de Lima-Metropolitana se deben considerar



la cantidad de AP's instalados y la frecuencia utilizada en la banda 2.4 GHz; de acuerdo al monitoreo de las señales WiFi en esta zona existe un promedio de 21 AP's, como se verificó en la Figura 6.13. Por lo tanto para nuestro estudio en la comunidad de Santa Clara, el nodo PCR debe estar implementado con un equipo de 630 mWatts de potencia para una cobertura de 450x450 m. La potencia de los equipos en el PCR variará dependiendo del área que se desea cubrir; así para interconectar mas terminales que participarán en de la sesión de interactividad. En teoría el equipo Ubiquiti XR2 soporta un promedio de 40 telespectadores que participarán de la interactividad.

## 6.5 Conclusiones

Se comprobó el funcionamiento de la interactividad en un escenario inalámbrico (INICTEL-UNI – IMCA) y vía Internet como canal de retorno para la televisión digital terrestre; la interactividad se realizó a través de la aplicación interactiva *T-Voting* (encuesta de 03 hospitales de EsSalud), donde los números de votos fueron almacenados en un servidor datos remoto. De las pruebas realizadas se deducen que el tamaño de paquete generado por *T-Voting* es de 100 Bytes y la tasa de transmisión es de 5 Kbps. Estos datos fueron utilizados como insumos durante la simulación con el NS-2.

De las simulaciones realizadas utilizando como canal de retorno las tecnologías WiFi/ADSL se observan que son la alternativa con mayor ventaja para ser utilizados en lugares donde se carece de una infraestructura de telecomunicaciones.

Asimismo con respecto a la evaluación de los indicadores de QoS, se observa que al aumento de un tráfico adicional en una red de canal de retorno, el rendimiento baja; esto hace que los paquetes de datos del flujo *T-Voting* (aplicación interactiva) se descarte o existe pérdida de paquetes. Por lo tanto según los resultados obtenidos para el escenario propuesto, se debe

adicionar hasta los 5 flujos CBR de 64 Kbps (tasa promedio de 320 Kbps en total), para no interferir a una aplicación interactiva *T-Voting* durante su transmisión hacia el receptor (SAI).

Con respecto a los parámetros de radiofrecuencia del enlace inalámbrico WiFi, no se han realizado variaciones para su evaluación; debido a que en la comunidad de Santa Clara las interferencias originadas por frecuencias ajenas son mínimas; además la distancia entre los nodos inalámbricos y el nodo PCR son relativamente cortos (promedio de 70 m a 100 m).

## **VII. Conclusiones**

### **7.1 Consideraciones iniciales**

Para la elección de la alternativa tecnológica para el canal de retorno para el Perú, se deben considerar varios aspectos, como: la densidad poblacional, infraestructura, condición socio-económico de la población y los indicadores de QoS (rendimiento, retardo, pérdida y probabilidad de bloqueo o porcentaje de pérdida de paquetes).

La tecnología utilizada con mayor frecuencia para el acceso a Internet en el Perú es el ADSL, seguido por la tecnología móvil 3G, CATV y WiFi/WiMAX. Esto nos indica en un principio, que el medio utilizado para el canal de retorno en su mayoría será el ADSL, en conjunto con las tecnologías inalámbricas.

Siguiendo la experiencia Brasileña, se propone un modelo para el canal de retorno para el Perú, partiendo desde de la premisa que el canal de retorno para la televisión digital terrestre será vía Internet. El modelo de la propuesta para el canal de retorno, está formado por varios componentes: PTdT (Proveedor de Televisión Digital Terrestre), SAI (Servidor de Aplicaciones

Interactivas), PCR (Proveedor de Canal de Retorno) y RTDI (Receptor de Televisión Digital Interactiva). Donde cada componente es fundamental, para proveer interactividad al telespectador.

La aplicación *T-Voting*, “Encuesta de 03 hospitales de EsSalud” permite validar escenarios de interactividad con canal de retorno para la televisión digital terrestre. Esta aplicación *T-Voting* se desarrolló utilizando el lenguaje NCL y Lua, bajo el estándar middleware Ginga-NCL; y fue implementado para las pruebas en un *Set Top Box* con soporte Ginga-NCL.

Las pruebas de interactividad de tipo *T-Voting* se realizaron considerando dos escenarios como canal de retorno, a través del enlace inalámbrico INICTEL-IMCA y vía Internet; donde se comprobó el funcionamiento de interactividad mediante un televisor convencional conectado a un *Set Top Box*, sintonizando la señal digital, bajo el estándar ISDB-T. Es oportuno indicar que las pruebas realizadas de interactividad con canal de retorno, es el primero en el Perú.

La evaluación de la alternativa tecnológica para el canal de retorno se realizó en una comunidad de alrededores de Lima-Metropolitana. En esta zona existe la carencia de infraestructura de telecomunicaciones para el acceso a la información, la única tecnología de acceso fijo a Internet de manera limitada es el ADSL. Lo que se observa también en esta zona existe una demanda de enlaces inalámbricos con tecnología WiFi para el acceso a Internet. Para la simulación se consideraron 10 telespectadores (RTDI) conectados al nodo PCR, como nodos inalámbricos WiFi. Donde se observaron que el aumento de un tráfico adicional en una red de canal de retorno, afecta el rendimiento de la red, como consecuencia genera la pérdida de paquetes y mayor retardo para el flujo *T-Voting*. Por lo tanto para este escenario propuesto, se debe adicionar hasta 5 flujos CBR de 64 Kbps (tasa promedio de 320 Kbps en total), para no interferir a la aplicación interactiva *T-Voting* durante su transmisión hacia el servidor (SAI).

## 7.2 Contribuciones de trabajo

Durante el desarrollo de esta tesis de Maestría, diversas contribuciones fueron realizadas. A continuación se mencionan las principales contribuciones.

- a) Propuesta de modelo de canal de retorno para la televisión digital terrestre en el Perú. Donde se realizaron simulaciones de escenarios, utilizando como canal de retorno el ADSL y WiFi; logrando analizar el rendimiento, retardo, variación de retardo y porcentaje de pérdida de paquetes. Asimismo se analizaron el envío de paquetes TS, originados por el servidor SAI mediante un proceso de carrusel de datos a través del protocolo DSM-CC.
- b) Se desarrollo una aplicación *T-Voting* “Encuesta de 03 hospitales de EsSalud”, siguiendo el estándar del middleware Ginga-NCL y Lua. Es oportuno mencionar que es el primer aplicativo interactivo en el Perú, probada en un escenario inalámbrico Pre-WiMAX e Internet, como canal de retorno.
- c) Divulgación de los resultados obtenidos en diversos eventos nacionales e internaciones; de esta manera incentivar en la investigación en temas relacionados al canal de retorno para TdT.

## 7.3 Artículos aceptados y conferencias

Diversos resultados parciales relacionados a esta Maestría fueron submetidos en eventos nacionales e internaciones. Asimismo las conferencias realizadas en diversos eventos. A continuación se mencionan las principales publicaciones y conferencias realizadas como resultados de las investigaciones durante el desarrollo de la tesis.

| Año  | Título   | Evento/Universidad  | Observaciones        |
|------|--|---|----------------------|
| 2010 | Análisis del Canal de Retorno para la Televisión Digital Interactiva utilizando la Clase TCP-Lua | Brazilian Technology Symposium/ BTS – UNICAMP-Brasil  | Aceptado/ Presentado |
| 2010 | Interactividad con Canal de Retorno para la Televisión Digital Terrestre (TdT)                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Universidad Nacional Mayor de San Marcos</li> <li>• Universidad Nacional de Callao</li> <li>• Universidad Nacional Tecnológica del Cono Sur de Lima</li> <li>• Universidad Privada Antenor Orrego</li> <li>• Instituto Superior Tecnológico Gilda Ballivian</li> </ul> | Conferencias         |

## 7.4 Trabajos futuros

Durante el desarrollo de la tesis, sea originado nuevos temas de investigación con respecto al canal de retorno para la televisión digital terrestre en el Perú. Entre ellas podemos indicar las simulaciones a gran escala de tecnologías de conectividad, como: WiMAX, VSAT, PLC y entre otros.

Asimismo desarrollar una aplicación interactiva para reserva de una cita médica por televisión. Para el desarrollo de este aplicativo se debe tomar como base el código fuente de la aplicación *T-Voting*. Para ello se reutilizará el script desarrollado en NCLua, y la librería *tcp.lua*.

## **7.5 Consideraciones finales**

Con la tesis presentada contribuimos en el desarrollo de la televisión digital terrestre en el Perú. Donde se propone el modelo de interactividad, utilizando como canal de retorno el ADSL y WiFi. Asimismo con esta tesis incentivamos a las universidades, centros de investigación y entre otros, realizar I+D, para mitigar la brecha digital y incrementar la inclusión digital “gracias” a las bondades de la tecnología adoptada para la televisión digital terrestre en el Perú.

## Referencias

- [1] Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), Resolución Suprema N° 019-2009-MTC. [http://www.mtc.gob.pe/portal/tdt/Documentos/RS019\\_2009\\_MTC.pdf](http://www.mtc.gob.pe/portal/tdt/Documentos/RS019_2009_MTC.pdf), último acceso agosto de 2010.
- [2] ABNT NBR 15601, Televisión digital terrestre — Sistema de transmisión. Noviembre 2007.
- [3] Página Oficial de estándar Advanced Television System Committee – ATSC, <http://www.atsc.org/cms/>. último acceso noviembre 2010.
- [4] Página oficial de estándar Digital Video Broadcasting-Terrestrial – DVB-T, <http://www.dvb.org/technology/dvbt2/>. último acceso noviembre 2010.
- [5] Pagina de información del estándar Digital Terrestrial Multimedia Broadcasting – DMB. <http://www.worldlingo.com/ma/enwiki/es/DMB-T%252FH>
- [6] Página oficial de Ginga-NCL. <http://www.gingancn.org.br/>. ABNT NBR 15606-2, Digital terrestrial television – Data coding and transmission specification for digital broadcasting – Part 2: Ginga-NCL for fixed and mobile receivers – XML application language for application coding. Noviembre 2007.
- [7] Instalador de Composer v 2.2.1. [http://www.ncl.org.br/ferramentas/composer\\_v2.2.1\\_win\\_setup.exe](http://www.ncl.org.br/ferramentas/composer_v2.2.1_win_setup.exe). Último acceso noviembre 2010.
- [8] Página principal de IDE Eclipse. <http://www.eclipse.org/>. Último acceso noviembre 2010.
- [9] Plugin NCL Eclipse. <http://laws.deinf.ufma.br/~ncleclipse/>. Último acceso noviembre 2010.
- [10] Plugin Lua NCL. <http://luaeclipse.luaforge.net/>. Último acceso noviembre 2010.
- [11] The Network Simulator - ns-2. <http://www.isi.edu/nsnam/ns/>. Último acceso noviembre 2010.
- [12] ITU-T Recommendation H.264 & ISO/IEC 14496-10 (MPEG-4) AVC, "Advanced Video Coding for Generic Audiovisual Services", (version 1:2003, versions 2: 2004) version 3: 2005.
- [13] Fondo de Inversión en Telecomunicaciones – FITEC. <http://www.fitec.gob.pe/>. Último acceso noviembre 2010.
- [14] Telecentros Rurales. <http://www.telecentros.pe/>. Último acceso noviembre 2010.



- 
- [15] Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), Resolución Suprema N° 019-2009-MTC. [http://www.mtc.gob.pe/portal/tdt/Documentos/RS019\\_2009\\_MTC.pdf](http://www.mtc.gob.pe/portal/tdt/Documentos/RS019_2009_MTC.pdf), último acceso agosto de 2010.
- [16] ABNT NBR 15601, Televisión digital terrestre — Sistema de transmisión. Noviembre 2007.
- [17] Página Oficial de estándar Advanced Television System Committee – ATSC, <http://www.atsc.org/cms/>. último acceso noviembre 2010.
- [18] Página oficial de estándar Digital Video Broadcasting-Terrestrial – DVB-T, <http://www.dvb.org/technology/dvbt2/>. último acceso noviembre 2010.
- [19] Pagina de información del estándar Digital Terrestrial Multimedia Broadcasting – DMB. <http://www.worldlingo.com/ma/enwiki/es/DMB-T%252FH>
- [20] Página oficial de Ginga-NCL. <http://www.gingancncl.org.br/>. ABNT NBR 15606-2, Digital terrestrial television – Data coding and transmission specification for digital broadcasting – Part 2: Ginga-NCL for fixed and mobile receivers – XML application language for application coding. Noviembre 2007.
- [21] Instalador de Composer v 2.2.1. [http://www.ncl.org.br/ferramentas/composer\\_v2.2.1\\_win\\_setup.exe](http://www.ncl.org.br/ferramentas/composer_v2.2.1_win_setup.exe). Último acceso noviembre 2010.
- [22] Página principal de IDE Eclipse. <http://www.eclipse.org/>. Último acceso noviembre 2010.
- [23] Plugin NCL Eclipse. <http://laws.deinf.ufma.br/~ncleclipse/>. Último acceso noviembre 2010.
- [24] Plugin Lua NCL. <http://luaeclipse.luaforge.net/>. Último acceso noviembre 2010.
- [25] The Network Simulator - ns-2. <http://www.isi.edu/nsnam/ns/>. Último acceso noviembre 2010.
- [26] ITU-T Recommendation H.264 & ISO/IEC 14496-10 (MPEG-4) AVC, "Advanced Video Coding for Generic Audiovisual Services", (version 1:2003, versions 2: 2004) version 3: 2005.
- [27] Fondo de Inversión en Telecomunicaciones – FITEC. <http://www.fitel.gob.pe/>. Último acceso noviembre 2010.
- [28] Telecentros Rurales. <http://www.telecentros.pe/>. Último acceso noviembre 2010.
- [29] ETSI TS 101 154:2007, Digital Video Broadcasting (DVB); Implementation guidelines for the use of Video and Audio Coding in Broadcasting Applications based on the MPEG-2 Transport Stream
- [30] Página oficial de Ginga-J. <http://www.lavid.ufpb.br/>. último acceso agosto 2010.
-

- 
- [31] CYBIS, W.; BETIOL, A. H.; FAUST, R. Ergonomia e Usabilidade - Conhecimentos, Métodos e Aplicações. Editora Novatec. 344 páginas. ISBN: 978-85-7522-138-9. 2007.
- [32] INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. Coding of Moving Pictures and Associated Audio-MPEG-2 Systems, 2000. ISO/IEC13818-1.
- [33] Dolby Digital, Technology. Disponible en <http://www.dolby.com>. Último acceso noviembre 2010.
- [34] Asociación Brasileira de Normas Técnicas – ABNT. <http://www.forumsbtvd.org.br/materias.asp?id=112>, Último acceso noviembre 2010.
- [35] Países que adoptaron el estándar ISDB-T. <http://es.wikipedia.org/wiki/ISDB-T>, Último acceso noviembre 2010
- [36] ABNT NBR 15602-1, 2 y 3, Televisión digital terrestre — Codificación de video, audio y multiplexación. Noviembre 2007.
- [37] ABNT NBR 15603-1,2 y 3, Televisión digital terrestre — Multiplexación y servicios de información (SI). Noviembre 2007.
- [38] Walter Fishcer. Tecnologías para la Radiodifusión Digital de Video y Audio, 2008
- [39] ABNT NBR 15601, Televisión Digital Terrestre — Sistema de transmisión. Noviembre 2007.
- [40] Rodrigues, A.; Gomes, R.. Modulação COFDM – Uma proposta atrativa para os padrões de TV Digital.
- [41] ABNT NBR 15604, Televisión digital terrestre — Receptores. Noviembre 2007.
- [42] Luis Diego Castro Murillo. “Sistemas de Transmisión de Televisión Digital Propuesta para Costa Rica”. Universidad de Costa Rica. Diembre 2004
- [43] Revista da SET Sociedad Brasileira de Ingeniería de Televisión. Abril 2009.
- [44] Middleware Ginga. <http://www.ginga.org.br/>, Último acceso noviembre 2010
- [45] Middleware Americano DASE (DTV Application Software Environment) – ATSC Standard A/100, 2003
- [46] Middleware Europeo MHP (Multimedia Home Platform) para la estándar DVB-T. <http://www.mhp.org/>, último acceso noviembre 2010
- [47] Middleware Japonés, ARIB Standard b-24 Data Coding and Transmission Specifications for Digital Broadcasting, version 1.0, 2004
- [48] Antonio Carlos Albuquerque de Oliveira, Joao Paulo Lopes de Lacerda. A Tv Digital No Brasil e o Desenvolvimento de Aplicacoes Interativas para o Middleware Ginga. Departamento de Computación y Ciencias de la Computación Universidad Federal de Sergipe
-

- 
- [49] Plan Maestro para la Implementación de la Televisión Digital Terrestre en el Perú. <http://tvdigitalperu.mtc.gob.pe/index7.html>. Último acceso noviembre 2010.
- [50] Legislación: Decreto Supremo, Resolución sobre TdT. <http://tvdigitalperu.mtc.gob.pe/index3.html>. Último acceso noviembre 2010.
- [51] 15 universidades sudamericanas inician Red de I+D en software para TV Digital. <http://comunidad.ginga.org.ar/?q=node/20>. Último acceso noviembre 2010.
- [52] Ministerio de Transportes y Comunicaciones-MTC. Estadísticas de servicios públicos de telecomunicaciones a nivel nacional estadísticas de servicios públicos de telecomunicaciones a nivel nacional, 2009
- [53] COMPUTAÇÃO Brasil. Um olhar para a TV digital. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação, Ano VI, n. 17. Março 2005. 16 p.
- [54] Indicadores del Servicio Telefónico. Líneas instaladas por departamento [http://www.osiptel.gob.pe/WebSiteAjax/WebFormGeneral/sector/wfrm\\_Consulta\\_Informacion\\_Estadisticas.aspx?CodInfo=13479&CodSubCat=864&TituloInformacion=2.%20Indicadores%20del%20Servicio%20Telef%C3%B3nico%20Fijo&DescripcionInformacion=](http://www.osiptel.gob.pe/WebSiteAjax/WebFormGeneral/sector/wfrm_Consulta_Informacion_Estadisticas.aspx?CodInfo=13479&CodSubCat=864&TituloInformacion=2.%20Indicadores%20del%20Servicio%20Telef%C3%B3nico%20Fijo&DescripcionInformacion=), último acceso agosto 2010.
- [55] Comisión Multisectorial Temporal encargada de elaborar el “Plan Nacional para el Desarrollo de la banda ancha en el Perú”. Informe N° 01 Diagnóstico sobre el Desarrollo de la Banda Ancha en el Perú. Julio 2010.
- [56] Indicadores de Internet. Número de suscriptores según tecnología de acceso y tipo de suscriptor. [http://www.osiptel.gob.pe/WebSiteAjax/WebFormGeneral/sector/wfrm\\_Consulta\\_Informacion\\_Estadisticas.aspx?CodInfo=13475&CodSubCat=864&TituloInformacion=6.%20Indicadores%20de%20Internet&DescripcionInformacion=](http://www.osiptel.gob.pe/WebSiteAjax/WebFormGeneral/sector/wfrm_Consulta_Informacion_Estadisticas.aspx?CodInfo=13475&CodSubCat=864&TituloInformacion=6.%20Indicadores%20de%20Internet&DescripcionInformacion=), último acceso agosto 2010.
- [57] WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access. <http://www.wimaxforum.org/>. Último acceso noviembre 2010.
- [58] Mapa WiFi Lima Perú: <http://wifi.index.com.pe/home/mapas-wifi/peru/lima>, último acceso setiembre 2010
- [59] Miguel Elías M. Campista, Aurelio Amodei Jr. The Ad Hoc Return Channel: A Low-Cost Solution for Brazilian Interactive Digital TV. Enero de 2007
- [60] André Barbosa Filho, Luis Gerardo P. Meloni. “TV Digital Interativa na Era Convergente das Comunicações Sem Fio”. XXXII Congresso Brasileiro de Ciências da Comunicação – Curitiba, PR – 4 a 7 de setembro de 2009.
- [61] Power Line Communications. <http://www.powerlinecommunications.net/>. Último acceso noviembre 2010.
- [62] ABNT NBR 15607-1, Televisión digital terrestre – Canal de interactividad Parte 1: Protocolos, interfaces físicas e interfaces de software. Disponible en internet en:
-

- [http://www.dtv.org.br/download/pt-br/ABNTNBR15607\\_2D1\\_2008Ed1.pdf](http://www.dtv.org.br/download/pt-br/ABNTNBR15607_2D1_2008Ed1.pdf), último acceso: abril del 2010.
- [63] Aurelio Amodei Jr. “The Ad Hoc Return Channel: A Low-Cost Solution for Brazilian Interactive Digital TV”, 2007. Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- [64] Fabricio B.S. de Carvalho. “On the use of Power Line Communications to Transmit the Return Channel for Digital Television”, 2006. Universidad Federal de Campina Grande Tavel, P. 2007. Modeling and Simulation Design. AK Peters Ltd., Natick, MA.
- [65] Mauro Margalho. “Canal de Retorno com Interatividade Condicionada por Mecanismo de Sinalização Contínua e Provisionamento de Banda Orientado a QoS”, 2006. Universidade Federal do Pará
- [66] Anna Verónica. “Uso de redes Mesh como solução para o canal de retorno da Tv Digital Interactiva, 2007. Universidade Federal Fluminense.
- [67] Instituto Nacional de Estadísticas e Informática del Perú (INEI). Informe Técnico Nro 02 Junio 2010, “Las Tecnologías de Información y Comunicación en los Hogares”.
- [68] Mauro Margalho. “Canal de Retorno com Interatividade Condicionada por Mecanismo de Sinalização Contínua e Provisionamento de Banda Orientado a QoS”. Universidade Federal do Pará. Belém 2006.
- [69] ISO (1998). ISO/IEC 13818-6. Information technology – Generic coding of moving pictures and associated audio information - Part 6: Extensions for DSM-CC.
- [70] ABNT NBR 15606-3, Televisión digital terrestre – Codificación de datos y especificaciones de transmisión para radiodifusión digital Parte 3: Especificación de transmisión de datos. Noviembre 2007.
- [71] National Television System Committee – NTSC. <http://es.wikipedia.org/wiki/NTSC>, último acceso noviembre de 2010.
- [72] Página Set Top Box + Ginga-NCL. <http://www.rcasoft.com.br/>. Último acceso noviembre 2010.
- [73] Marcio Ferreira Moreno. “Um Middleware Declarativo para Sistemas de TV Digital Interativa”. PUC-Rio. Rio de Janeiro 2006
- [74] Ginga-NCL Emulator. [http://www.ncl.org.br/ferramentas/ginga-ncl\\_emulator\\_v1.1.1\\_win\\_setup.exe](http://www.ncl.org.br/ferramentas/ginga-ncl_emulator_v1.1.1_win_setup.exe). Último acceso noviembre 2010.
- [75] Ginga NCL Virtual STB. <http://www.ncl.org.br/ferramentas/fedora-fc7-ginga-i386.zip>. Último acceso noviembre 2010.
- [76] Herramienta de Modelamiento StarUML. <http://staruml.sourceforge.net/en/>. Último acceso noviembre 2010.

- [77] Tutorial sobre la interface de conexión para base de datos en Lua. <http://www.keplerproject.org/luasql/>, último acceso noviembre 2010.
- [78] Diego Nehab. Tutorial LuaSocket. Disponible en internet en: <http://w3.impa.br/~diego/software/luasocket/>, último acceso noviembre 2010.
- [79] Motor de Base de Datos MySQL. <http://www.mysql.com/>, último acceso noviembre 2010.
- [80] Lenguaje script PHP. <http://www.php.net/>, último acceso noviembre 2010.
- [81] Instituto de Matemáticas y Ciencias Afines – IMCA. <http://www.imca.edu.pe/sitio/index.php>. Último acceso noviembre 2010.
- [82] Analizador de protocolos Wireshark. <http://www.wireshark.org/>. Último acceso noviembre 2010.
- [83] Monitor de ancho de banda. <http://www.netlimiter.com/>. Último acceso noviembre 2010.
- [84] Instituto Nacional de Estadística e Informática – INEI. <http://proyectos.inei.gob.pe/mapas/bid/>. Último acceso noviembre 2010.
- [85] Worcester Polytechnic Institute-WPI, Computer Science. Mini-HOWTO: Pareto On/Off Traffic Generator. Último acceso noviembre 2010.

# Anexo A: Script de Simulación NS-2

## A. Código TCL: Canal de retorno WiFi/ADSL

Archivo: *canal\_retorno\_wifi-adsl.tcl*

```
#####
#####
#UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS-UNMSM
#-----
#-----
#TESIS DE MAESTRIA: Analisis y Modelamiento de la Tecnicas de Canal de Retorno e
Interactividad
#               para el estandar de Television Digital Terrestre ISDB-T
#-----
#-----
#AUTOR: Ing. Ronald Paucar Curasma (rpaucar@inictel-uni.edu.pe)
#-----
#-----
#ASESOR: Msc. Ing. JOSE LUIS MUNOZ MEZA (jlmunoz@osiptel.gob.pe)
#####
#####

# PCR: Proveedor de Canal de Retorno
# RTDI: Receptor de Television Digital Interactivo
# PTDT: Proveedor de Television Digital Terrestre
# SAI: Servidor de Aplicaciones Interactivas

#               SIMULACION DE CANAL DE RETORNO WIFI + ADSL
#               ++++++

global opt
set opt(chan)      Channel/WirelessChannel    ;# Tipo de canal
set opt(prop)      Propagation/TwoRayGround   ;# Modelo radio-propagation
set opt(netif)     Phy/WirelessPhy           ;# Tipo de interface de red
```

---

```

set opt(mac)           Mac/802_11                ;# Tipo de MAC
set opt(ifq)           Queue/DropTail/PriQueue    ;# Tipo de cola FIFO
set opt(ll)            LL                        ;# Tipp capa de enlace LL
set opt(ant)           Antenna/OmniAntenna        ;# Modelo de antena
set opt(x)             450                      ;# x coordenadas de la topologia
set opt(y)             450                      ;# y coordenadas de la topologia
set opt(ifqlen)        50                      ;# Maximo Nro de paquetes en cola
set opt(tr)            wtrace.tr                ;# Archivo de trazo
set opt(namtr)         out.nam                  ;# Archivo de animacion
set opt(nn)            10                      ;# numero de nodos inalambricos (moviles)
set opt(adhocRouting)  DSDV                     ;# protocolo de enrutamiento
set opt(cp)            ""
set opt(sc)            "../mobility/scene/scen-3-test"
set opt(stop)          50                      ;# tiempo de parada de simulacion
set opt(inicio_sim) 1    ;# inicio de simulacion
set num_wired_nodes    2                      ;# nodos fijos correspondiente a PTdT y SAI
set num_bs_nodes       1                      ;# Punto de acceso inalambrico (PCR)

# Parametros de nodos inalambricos
set velocidad 2M
Phy/WirelessPhy set bandwidth_ $velocidad
Phy/WirelessPhy set rate_cbr_ $velocidad
Phy/WirelessPhy set Pt_ 0.63
Phy/WirelessPhy set freq_ 2.4e9

Mac/802_11 set dataRate_ $velocidad
Mac/802_11 set basicRate_ $velocidad
Mac/802_11 set RTSThreshold_ 3000
Mac/802_11 set PreambleLength_ 72

Antenna/OmniAntenna set Gt_ 1.0
Antenna/OmniAntenna set Gr_ 1.0

# El modelo de propagacion es Shadowing model
Propagation/Shadowing set pathlossExp_ 4
Propagation/Shadowing set std_db_ 0

set ns_ [new Simulator]

# Definicion de los colores para identificar los flujos de datos
$ns_ color 1 blue
$ns_ color 2 red
$ns_ color 3 yellow
$ns_ color 4 green
$ns_ color 5 black
$ns_ color 6 pink
$ns_ color 7 white
$ns_ color 8 magenta
$ns_ color 9 orange
$ns_ color 10 violet

# Arquitectura de enrutamiento en modo infraestructura
$ns_ node-config -addressType hierarchical
AddrParams set domain_num_ 2 ;# nÂ° de dominios: uno para los inalambricos y
otro para los cableados
lappend cluster_num 2 1 ;# nÂ° de clusters en cada dominio: 2 en el 1Â°
y 1 en el 2Â°, un total de 3 clusters $
AddrParams set cluster_num_ $cluster_num
lappend eilastlevel 1 1 1 ;#nÂ° de nodos en cada cluster: 1 nodo
en los 2 primeros y 2 en el 3Â°
AddrParams set nodes_num_ $eilastlevel

# generar trazos
set tracefd [open $opt(tr) w]
$ns_ trace-all $tracefd
$ns_ use-newtrace
set namtracefd [open $opt(namtr) w]

```

---

---

```

# $ns_ namtrace-all-wireless $namtracefd 450 450
$ns_ namtrace-all $namtracefd

# Creamos el objeto Topologia con las dimensiones
set topo [new Topography]
$topo load_flatgrid $opt(x) $opt(y)

# GOD (General Operations Director) almacena el numero total de nodos moviles (nn) y
nodo BS
create-god [expr $opt(nn) + $num_bs_nodes]

# creacion de nodos cableados (PTDT y SAI)
set temp {0.0.0 0.1.0}
for {set i 0} {$i < $num_wired_nodes} {incr i} {
    set W($i) [$ns_ node [lindex $temp $i]]
}

# Modelo de error en redes wireless
set err [new ErrorModel]
$serr unit pkt_
$serr set rate_ 0.001
$serr ranvar [new RandomVariable/Uniform]
$serr drop-target [new Agent/Null]

# Configuracion de los nodos (RTDI)
$ns_ node-config -adhocRouting $opt(adhocRouting) \
    -llType $opt(ll) \
    -macType $opt(mac) \
    -ifqType $opt(ifq) \
    -ifqLen $opt(ifqlen) \
    -antType $opt(ant) \
    -propInstance [new $opt(prop)] \
    -phyType $opt(netif) \
    -channel [new $opt(chan)] \
    -topoInstance $topo \
    -wiredRouting ON \
    -agentTrace ON \
    -routerTrace OFF \
    -macTrace OFF \
    ;#-incomingErrProc $serr \
    -outgoingErrProc $serr

set temp {1.0.0 1.0.1 1.0.2 1.0.3 1.0.4 1.0.5 1.0.6 1.0.7 1.0.8 1.0.9 1.0.10}

set BS(0) [$ns_ node [lindex $temp 0]]
$BS(0) random-motion 0

$BS(0) set X_ 97.2
$BS(0) set Y_ 56.1
$BS(0) set Z_ 0.0

# Creacion de nodos inalambricos (RTDI)
$ns_ node-config -wiredRouting OFF

for {set j 0} {$j < $opt(nn)} {incr j} {
    set node_($j) [ $ns_ node [lindex $temp \
        [expr $j+1]] ]
    $node_($j) base-station [AddrParams addr2id [$BS(0) node-addr]]
    $node_($j) random-motion 0
}

# Ubicacion de los nodos
$node_(0) set X_ 95.5
$node_(0) set Y_ 88.9
$node_(0) set Z_ 0.0

$node_(1) set X_ 59.9
$node_(1) set Y_ 48.3

```

---



---

```

$node_(1) set Z_ 0.0

$node_(2) set X_ 19.3
$node_(2) set Y_ 30.2
$node_(2) set Z_ 0.0

$node_(3) set X_ 20.8
$node_(3) set Y_ 64.0
$node_(3) set Z_ 0.0

$node_(4) set X_ 34.9
$node_(4) set Y_ 95.4
$node_(4) set Z_ 0.0

$node_(5) set X_ 66.0
$node_(5) set Y_ 99.1
$node_(5) set Z_ 0.0

$node_(6) set X_ 34.9
$node_(6) set Y_ 11.6
$node_(6) set Z_ 0.0

$node_(7) set X_ 71.7
$node_(7) set Y_ 0.7
$node_(7) set Z_ 0.0

$node_(8) set X_ 99.4
$node_(8) set Y_ 17.3
$node_(8) set Z_ 0.0

$node_(9) set X_ 125.7
$node_(9) set Y_ 37.4
$node_(9) set Z_ 0.0

#Red LAN conexion al SAI (10Mb)
$ns_ duplex-link $W(0) $W(1) 10Mb 10ms DropTail

#Enlace ADSL Proveedor de Canal de Retorno 1Mb/512Kb (trafico T-Voting=20Kbps)
$ns_ simplex-link $W(1) $BS(0) 1Mb 50ms DropTail
$ns_ simplex-link $BS(0) $W(1) 512Kb 50ms DropTail

#Orientacion para el diseno de la topologia en el NAM (opcional)
$ns_ simplex-link-op $BS(0) $W(1) orient right-up
$ns_ simplex-link-op $W(1) $W(0) orient right

# Definiendo la etiqueta
$ns_ at 0.0 "$BS(0) label PCR"
$ns_ at 0.0 "$node_(1) label RTDI"
$ns_ at 0.0 "$W(1) label PTDT"
$ns_ at 0.0 "$W(0) label SAI"

#Tráfico T-Voting, cada telespectador genera 5Kb/s, En nodo PCR brinda acceso a 10
telespectadores (RTDI)

#TCP1
set tcp1 [new Agent/TCP/Newreno]
$ns_ attach-agent $node_(0) $tcp1
$tcp1 set fid_ 1
$tcp1 set class_ 1
$tcp1 set window_ 20
$tcp1 set maxcwnd_ 20 ;# maximo valor de ventana de congestión en bytes
$tcp1 set windowInit_ 2 ;# tamaño inicial para la ventana de congestión sobre slow-
star
$tcp1 set packetSize_ 100 ;# tamaño del paquete promedio 100 bytes
$tcp1 set ssthresh_ 5
$tcp1 set tcpprethresh_ 3

```

---

---

```

set sink1 [new Agent/TCPSink]
$ns_ attach-agent $W(0) $sink1
$ns_ connect $tcp1 $sink1
set tvoting1 [new Application/Traffic/Pareto]
$tvoting1 attach-agent $tcp1
$tvoting1 set burst_time_ 50ms
$tvoting1 set idle_time_ 100ms
$tvoting1 set rate_ 5Kb
$tvoting1 set shape_ 1.5
$ns_ at $opt(inicio_sim) "$tvoting1 start"

#TCP2
set tcp2 [new Agent/TCP/Newreno]
$ns_ attach-agent $node_(1) $tcp2
$tcp2 set fid_ 2
$tcp2 set class_ 2
$tcp2 set window_ 20
$tcp2 set maxcwnd_ 20 ;# maximo valor de ventana de congestion en bytes
$tcp2 set windowInit_ 2 ;# tamano inicial para la ventana de congestion sobre
slow-star
$tcp2 set packetSize_ 100 ;# tamao del paquete promedio 100 bytes
$tcp2 set ssthresh_ 5
$tcp2 set tcpprexmtthresh_ 3

set sink2 [new Agent/TCPSink]
$ns_ attach-agent $W(0) $sink2
$ns_ connect $tcp2 $sink2
set tvoting2 [new Application/Traffic/Pareto]
$tvoting2 attach-agent $tcp2
$tvoting2 set burst_time_ 50ms
$tvoting2 set idle_time_ 100ms
$tvoting2 set rate_ 5Kb
$tvoting2 set shape_ 1.5
$ns_ at $opt(inicio_sim) "$tvoting2 start"

#TCP3
set tcp3 [new Agent/TCP/Newreno]
$ns_ attach-agent $node_(2) $tcp3
$tcp3 set fid_ 3
$tcp3 set class_ 3
$tcp3 set window_ 20
$tcp3 set maxcwnd_ 20 ;# maximo valor de ventana de congestion en bytes
$tcp3 set windowInit_ 2 ;# tamano inicial para la ventana de congestion sobre
slow-star
$tcp3 set packetSize_ 100 ;# tamao del paquete promedio 100 bytes
$tcp3 set ssthresh_ 5
$tcp3 set tcpprexmtthresh_ 3

set sink3 [new Agent/TCPSink]
$ns_ attach-agent $W(0) $sink3
$ns_ connect $tcp3 $sink3
set tvoting3 [new Application/Traffic/Pareto]
$tvoting3 attach-agent $tcp3
$tvoting3 set burst_time_ 50ms
$tvoting3 set idle_time_ 100ms
$tvoting3 set rate_ 5Kb
$tvoting3 set shape_ 1.5
$ns_ at $opt(inicio_sim) "$tvoting3 start"

#TCP4
set tcp4 [new Agent/TCP/Newreno]
$ns_ attach-agent $node_(3) $tcp4
$tcp4 set fid_ 4
$tcp4 set class_ 4
$tcp4 set window_ 20
$tcp4 set maxcwnd_ 20 ;# maximo valor de ventana de congestion en bytes

```

---

---

```

    $tcp4 set windowInit_ 2          ;# tamano inicial para la ventana de congestion sobre
slow-star
    $tcp4 set packetSize_ 100        ;# tamao del paquete promedio 100 bytes
    $tcp4 set ssthresh_ 5
    $tcp4 set tcpprexmtthresh_ 3

    set sink4 [new Agent/TCPSink]
    $ns_ attach-agent $W(0) $sink4
    $ns_ connect $tcp4 $sink4
    set tvoting4 [new Application/Traffic/Pareto]
    $tvoting4 attach-agent $tcp4
    $tvoting4 set burst_time_ 50ms
    $tvoting4 set idle_time_ 100ms
    $tvoting4 set rate_ 5Kb
    $tvoting4 set shape_ 1.5
    $ns_ at $opt(inicio_sim) "$tvoting4 start"

#TCP5
set tcp5 [new Agent/TCP/Newreno]
$ns_ attach-agent $node_(4) $tcp5
$tcp5 set fid_ 5
$tcp5 set class_ 5
$tcp5 set window_ 20
$tcp5 set maxcwnd_ 20                ;# maximo valor de ventana de congestion en bytes
$tcp5 set windowInit_ 2              ;# tamano inicial para la ventana de congestion sobre
slow-star
$tcp5 set packetSize_ 100            ;# tamao del paquete promedio 100 bytes
$tcp5 set ssthresh_ 5
$tcp5 set tcpprexmtthresh_ 3

set sink5 [new Agent/TCPSink]
$ns_ attach-agent $W(0) $sink5
$ns_ connect $tcp5 $sink5
set tvoting5 [new Application/Traffic/Pareto]
$tvoting5 attach-agent $tcp5
$tvoting5 set burst_time_ 50ms
$tvoting5 set idle_time_ 100ms
$tvoting5 set rate_ 5Kb
$tvoting5 set shape_ 1.5
$ns_ at $opt(inicio_sim) "$tvoting5 start"

#TCP6
set tcp6 [new Agent/TCP/Newreno]
$ns_ attach-agent $node_(5) $tcp6
$tcp6 set fid_ 6
$tcp6 set class_ 6
$tcp6 set window_ 20
$tcp6 set maxcwnd_ 20                ;# maximo valor de ventana de congestion en bytes
$tcp6 set windowInit_ 2              ;# tamano inicial para la ventana de congestion sobre
slow-star
$tcp6 set packetSize_ 100            ;# tamao del paquete promedio 100 bytes
$tcp6 set ssthresh_ 5
$tcp6 set tcpprexmtthresh_ 3

set sink6 [new Agent/TCPSink]
$ns_ attach-agent $W(0) $sink6
$ns_ connect $tcp6 $sink6
set tvoting6 [new Application/Traffic/Pareto]
$tvoting6 attach-agent $tcp6
$tvoting6 set burst_time_ 50ms
$tvoting6 set idle_time_ 100ms
$tvoting6 set rate_ 5Kb
$tvoting6 set shape_ 1.5
$ns_ at $opt(inicio_sim) "$tvoting6 start"

#TCP7
set tcp7 [new Agent/TCP/Newreno]

```

---

---

```

$ns_ attach-agent $node_(6) $tcp7
$tcp7 set fid_ 7
$tcp7 set class_ 7
$tcp7 set window_ 20
$tcp7 set maxcwnd_ 20          ;# maximo valor de ventana de congestion en bytes
$tcp7 set windowInit_ 2       ;# tamano inicial para la ventana de congestion sobre
slow-star
$tcp7 set packetSize_ 100      ;# tamao del paquete promedio 100 bytes
$tcp7 set ssthresh_ 5
$tcp7 set tcpprexmtthresh_ 3

set sink7 [new Agent/TCPSink]
$ns_ attach-agent $W(0) $sink7
$ns_ connect $tcp7 $sink7
set tvoting7 [new Application/Traffic/Pareto]
$tvoting7 attach-agent $tcp7
$tvoting7 set burst_time_ 50ms
$tvoting7 set idle_time_ 100ms
$tvoting7 set rate_ 5Kb
$tvoting7 set shape_ 1.5
$ns_ at $opt(inicio_sim) "$tvoting7 start"

#TCP8
set tcp8 [new Agent/TCP/Newreno]
$ns_ attach-agent $node_(7) $tcp8
$tcp8 set fid_ 8
$tcp8 set class_ 8
$tcp8 set window_ 20
$tcp8 set maxcwnd_ 20          ;# maximo valor de ventana de congestion en bytes
$tcp8 set windowInit_ 2       ;# tamano inicial para la ventana de congestion sobre
slow-star
$tcp8 set packetSize_ 100      ;# tamao del paquete promedio 100 bytes
$tcp8 set ssthresh_ 5
$tcp8 set tcpprexmtthresh_ 3

set sink8 [new Agent/TCPSink]
$ns_ attach-agent $W(0) $sink8
$ns_ connect $tcp8 $sink8
set tvoting8 [new Application/Traffic/Pareto]
$tvoting8 attach-agent $tcp8
$tvoting8 set burst_time_ 50ms
$tvoting8 set idle_time_ 100ms
$tvoting8 set rate_ 5Kb
$tvoting7 set shape_ 1.5
$ns_ at $opt(inicio_sim) "$tvoting8 start"

#TCP9
set tcp9 [new Agent/TCP/Newreno]
$ns_ attach-agent $node_(8) $tcp9
$tcp9 set fid_ 9
$tcp9 set class_ 9
$tcp9 set window_ 20
$tcp9 set maxcwnd_ 20          ;# maximo valor de ventana de congestion en bytes
$tcp9 set windowInit_ 2       ;# tamano inicial para la ventana de congestion sobre
slow-star
$tcp9 set packetSize_ 100      ;# tamao del paquete promedio 100 bytes
$tcp9 set ssthresh_ 5
$tcp9 set tcpprexmtthresh_ 3

set sink9 [new Agent/TCPSink]
$ns_ attach-agent $W(0) $sink9
$ns_ connect $tcp9 $sink9
set tvoting9 [new Application/Traffic/Pareto]
$tvoting9 attach-agent $tcp9
$tvoting9 set burst_time_ 50ms
$tvoting9 set idle_time_ 100ms
$tvoting9 set rate_ 5Kb

```

---

---

```

$tvoting9 set shape_ 1.5
$ns_ at $opt(inicio_sim) "$tvoting9 start"

#TCP10
set tcp10 [new Agent/TCP/Newreno]
$ns_ attach-agent $node_(9) $tcp10
$tcp10 set fid_ 10
$tcp10 set class_ 10
$tcp10 set window_ 20
$tcp10 set maxcwnd_ 20 ;# maximo valor de ventana de congestion en bytes
$tcp10 set windowInit_ 2 ;# tamano inicial para la ventana de congestion sobre
slow-star
$tcp10 set packetSize_ 100 ;# tamao del paquete promedio 100 bytes
$tcp10 set ssthresh_ 5
$tcp10 set tcpprexmtthresh_ 3

set sink10 [new Agent/TCPSink]
$ns_ attach-agent $W(0) $sink10
$ns_ connect $tcp10 $sink10
set tvoting10 [new Application/Traffic/Pareto]
$tvoting10 attach-agent $tcp10
$tvoting10 set burst_time_ 50ms
$tvoting10 set idle_time_ 100ms
$tvoting10 set rate_ 5Kb
$tvoting10 set shape_ 1.5
$ns_ at $opt(inicio_sim) "$tvoting10 start"

#Trafico Internet: acceso a un servidor de video = 800Kbps
#set udp1 [new Agent/UDP]
#$ns_ attach-agent $node_(0) $udp1
#set cbr1 [new Application/Traffic/CBR]
#$cbr1 attach-agent $udp1
#$cbr1 set packetSize_ 160
#$udp1 set class_ 11
#$cbr1 set rate_ 64Kb
#set null1 [new Agent/Null]
#$ns_ attach-agent $W(0) $null1
#$ns_ connect $udp1 $null1
#$ns_ at $opt(inicio_sim) "$cbr1 start"

#set udp2 [new Agent/UDP]
#$ns_ attach-agent $node_(1) $udp2
#set cbr2 [new Application/Traffic/CBR]
#$cbr2 attach-agent $udp2
#$cbr2 set packetSize_ 160
#$udp2 set class_ 12
#$cbr2 set rate_ 64Kb
#set null2 [new Agent/Null]
#$ns_ attach-agent $W(0) $null2
#$ns_ connect $udp2 $null2
#$ns_ at $opt(inicio_sim) "$cbr2 start"

#set udp3 [new Agent/UDP]
#$ns_ attach-agent $node_(2) $udp3
#set cbr3 [new Application/Traffic/CBR]
#$cbr3 attach-agent $udp3
#$cbr3 set packetSize_ 160
#$udp3 set class_ 13
#$cbr3 set rate_ 64Kb
#set null3 [new Agent/Null]
#$ns_ attach-agent $W(0) $null3
#$ns_ connect $udp3 $null3
#$ns_ at $opt(inicio_sim) "$cbr3 start"

#set udp4 [new Agent/UDP]
#$ns_ attach-agent $node_(3) $udp4
#set cbr4 [new Application/Traffic/CBR]

```

---

```
#Scbr4 attach-agent $udp4
#Scbr4 set packetSize_ 160
#$udp4 set class_ 14
#Scbr4 set rate_ 64Kb
#set null4 [new Agent/Null]
#ns_ attach-agent $W(0) $null4
#ns_ connect $udp4 $null4
#ns_ at $opt(inicio_sim) "$cbr4 start"

#set udp5 [new Agent/UDP]
#ns_ attach-agent $node_(4) $udp5
#set cbr5 [new Application/Traffic/CBR]
#Scbr5 attach-agent $udp5
#Scbr5 set packetSize_ 160
#$udp5 set class_ 15
#Scbr5 set rate_ 64Kb
#set null5 [new Agent/Null]
#ns_ attach-agent $W(0) $null5
#ns_ connect $udp5 $null5
#ns_ at $opt(inicio_sim) "$cbr5 start"

#set udp6 [new Agent/UDP]
#ns_ attach-agent $node_(5) $udp6
#set cbr6 [new Application/Traffic/CBR]
#Scbr6 attach-agent $udp6
#Scbr6 set packetSize_ 160
#$udp6 set class_ 16
#Scbr6 set rate_ 64Kb
#set null6 [new Agent/Null]
#ns_ attach-agent $W(0) $null6
#ns_ connect $udp6 $null6
#ns_ at $opt(inicio_sim) "$cbr6 start"

#set udp7 [new Agent/UDP]
#ns_ attach-agent $node_(6) $udp7
#set cbr7 [new Application/Traffic/CBR]
#Scbr7 attach-agent $udp7
#Scbr7 set packetSize_ 160
#$udp7 set class_ 17
#Scbr7 set rate_ 64Kb
#set null7 [new Agent/Null]
#ns_ attach-agent $W(0) $null7
#ns_ connect $udp7 $null7
#ns_ at $opt(inicio_sim) "$cbr7 start"

#set udp8 [new Agent/UDP]
#ns_ attach-agent $node_(7) $udp8
#set cbr8 [new Application/Traffic/CBR]
#Scbr8 attach-agent $udp8
#Scbr8 set packetSize_ 160
#$udp8 set class_ 18
#Scbr8 set rate_ 64Kb
#set null8 [new Agent/Null]
#ns_ attach-agent $W(0) $null8
#ns_ connect $udp8 $null8
#ns_ at $opt(inicio_sim) "$cbr8 start"

#set udp9 [new Agent/UDP]
#ns_ attach-agent $node_(8) $udp9
#set cbr9 [new Application/Traffic/CBR]
#Scbr9 attach-agent $udp9
#Scbr9 set packetSize_ 160
#$udp9 set class_ 19
#Scbr9 set rate_ 64Kb
#set null9 [new Agent/Null]
#ns_ attach-agent $W(0) $null9
#ns_ connect $udp9 $null9
```

---

```

# $ns_ at $opt(inicio_sim) "$cbr9 start"

#set udp10 [new Agent/UDP]
# $ns_ attach-agent $node_ (9) $udp10
#set cbr10 [new Application/Traffic/CBR]
# $cbr10 attach-agent $udp10
# $cbr10 set packetSize_ 160
# $udp10 set class_ 20
# $cbr10 set rate_ 64Kb
#set null10 [new Agent/Null]
# $ns_ attach-agent $W(0) $null10
# $ns_ connect $udp10 $null10
# $ns_ at $opt(inicio_sim) "$cbr10 start"

# Define la posicion inicial del nodo movil en el NAM
for {set i 0} {$i < $opt(nn)} {incr i} {
    $ns_ initial_node_pos $node_ ($i) 20
}

for {set i } {$i < $opt(nn) } {incr i} {
    $ns_ at $opt(stop).0000010 "$node_ ($i) reset";
}
$ns_ at $opt(stop).0000010 "$BS(0) reset";

$ns_ at $opt(stop).1 "puts \"SIMULACION CON EXITO !!!\" ; $ns_ halt"
# $ns_ at $opt(stop).0000010 "$cbr1 stop"
# $ns_ at $opt(stop).0000010 "$cbr2 stop"
# $ns_ at $opt(stop).0000010 "$cbr3 stop"
# $ns_ at $opt(stop).0000010 "$cbr4 stop"
# $ns_ at $opt(stop).0000010 "$cbr5 stop"
# $ns_ at $opt(stop).0000010 "$cbr6 stop"
# $ns_ at $opt(stop).0000010 "$cbr7 stop"
# $ns_ at $opt(stop).0000010 "$cbr8 stop"
# $ns_ at $opt(stop).0000010 "$cbr9 stop"
# $ns_ at $opt(stop).0000010 "$cbr10 stop"

puts "Starting Simulation..."
$ns_ run

```

## **Anexo B: Aplicación interactiva *T-Voting* “Encuesta de 03 hospitales de EsSalud”**

### **B.1 Código fuente de la aplicación interactiva *T-Voting***

La aplicación interactiva T-Voting se desarrolló siguiendo el estándar Ginga-NCL, con los lenguajes de NCL y Lua. Asimismo para las consultas de canal de retorno se utilizaron el *tcp.lua*. Para el desarrollo se utilizó el IDE Eclipse con los pluguins NCL y Lua, como se muestra en la Figura A.1. Este aplicativo como fue descrito en el capítulo 5 fue probado en un escenario inalámbrico como canal de retorno para la televisión digital terrestre. A continuación se detallan los códigos fuentes, en NCL y Lua respectivamente.



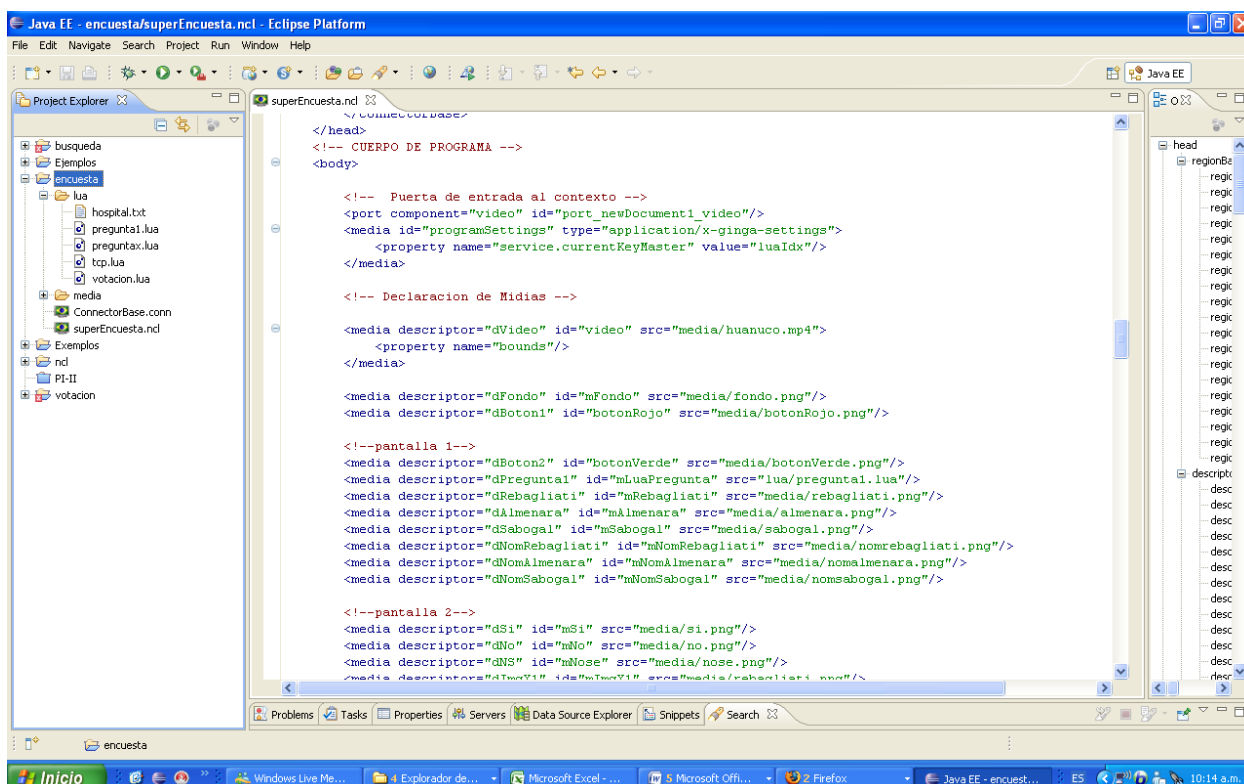


Figura B.1 – IDE Eclipse con los plugins NCL y Lua

## B.2 Código fuente NCL

Archivo: *SuperEncuesta.ncl*

```
<!--
#####
#UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS-UNMSM
#-----
#TESIS DE MAESTRIA: Analisis y Modelamiento de la Tecnicas de Canal de Retorno e Interactividad
#           para el estandar de Television Digital Terrestre ISDB-T
#-----
#AUTOR: Ing. Ronald Paucar Curasma (rpaucar@inictel-uni.edu.pe)
#-----
#ASESOR: Msc. Ing. JOSE LUIS MUNOZ MEZA (jlmunoz@osiptel.gob.pe)
#####
-->
<?xml version="1.0" encoding="ISO-8859-1"?>
<!-- Generated by NCL Eclipse -->
<ncl id="main" xmlns="http://www.ncl.org.br/NCL3.0/EDTVProfile">
<head>
  <!-- BASE DE REGLAS -->
  <regionBase>
    <region height="100.0%" id="rgFondo" width="100.0%" zIndex="2"/>
    <region height="100.0%" id="rgVideo" width="100.0%" zIndex="4"/>
    <region height="10.0%" id="rgBoton" left="90.0%" top="90.0%" width="10.0%" zIndex="5"/>
    <region height="40.0%" id="rgPregunta" left="5.0%" top="20.0%" width="40.0%" zIndex="4"/>

    <!--REGION PARA UBICAR LAS IMAGENES DE LOS HOSPITALES (primera pantalla) -->
    <region height="19.0%" id="rgImgRebagliati" left="10.0%" top="56.0%" width="25.0%"
zIndex="3"/>
    <region height="19.0%" id="rgImgAlmenara" left="40.0%" top="56.0%" width="25.0%"
zIndex="3"/>
```

```

        <region height="19.0%" id="rgImgSabogal" left="70.0%" top="56.0%" width="25.0%"
zIndex="3"/>

        <!--REGION PARA UBICAR LOS NOMBRES DE LAS IMAGENES (primera pantalla) -->
        <region height="13.0%" id="rgNomRebagliati" left="10.0%" top="77.0%" width="25.0%"
zIndex="3"/>
        <region height="13.0%" id="rgNomAlmenara" left="40.0%" top="77.0%" width="25.0%"
zIndex="3"/>
        <region height="13.0%" id="rgNomSabogal" left="70.0%" top="77.0%" width="25.0%"
zIndex="3"/>

        <!-- IMAGENES CONDICIONALES (SI/NO/NO OPINA) (segunda PANTALLA) -->
        <region height="18.0%" id="rgImgSi" left="10.0%" top="65.0%" width="25.0%" zIndex="3"/>
        <region height="18.0%" id="rgImgNo" left="40.0%" top="65.0%" width="25.0%" zIndex="3"/>
        <region height="18.0%" id="rgImgNose" left="70.0%" top="65.0%" width="25.0%" zIndex="3"/>

        <!--Region para ubicar las imagenes si pasaron la aprobacion(tercera pantalla)-->
        <region height="18.0%" id="rgPaso1" left="2.0%" top="10.0%" width="20.0%" zIndex="3"/>
        <region height="18.0%" id="rgPaso2" left="2.0%" top="30.0%" width="20.0%" zIndex="3"/>
        <region height="18.0%" id="rgPaso3" left="2.0%" top="50.0%" width="20.0%" zIndex="3"/>

        <!--Region para ubicar los resultados de la encuesta (tercera pantalla)-->

        <region height="100.0%" id="rgResultados" left="0.0%" top="0.0%" width="100.0%"
zIndex="3"/>
        <!--Region para ubicar EL HOSPITAL ELEGIDO PARA LA ENCUESTA (SEGUNDA PANTALLA) -->
        <region height="20.0%" id="rgImgHX" left="10.0%" top="5.0%" width="25.0%" zIndex="3"/>
        <!--Region para ubicar pregunta de la encuesta (SEGUNDA PANTALLA)-->
        <region height="35.0%" id="rgPreguntaX" left="1.0%" top="35.0%" width="40.0%" zIndex="3"/>

    </regionBase>

    <descriptorBase>
        <descriptor id="dFondo" region="rgFondo"/>
        <descriptor id="dVideo" region="rgVideo"/>

        <descriptor id="dBoton1" region="rgBoton"/>
        <descriptor id="dBoton2" region="rgBoton"/>

        <descriptor id="dPreguntal" region="rgPregunta"/>
        <descriptor id="dPreguntaX" region="rgPreguntaX"/>

        <descriptor id="dRebagliati" region="rgImgRebagliati"/>
        <descriptor id="dAlmenara" region="rgImgAlmenara"/>
        <descriptor id="dSabogal" region="rgImgSabogal"/>

        <descriptor focusIndex="21" moveRight="22" moveLeft="23" id="dNomRebagliati"
region="rgNomRebagliati"/>
        <descriptor focusIndex="22" moveRight="23" moveLeft="21" id="dNomAlmenara"
region="rgNomAlmenara"/>
        <descriptor focusIndex="23" moveRight="21" moveLeft="22" id="dNomSabogal"
region="rgNomSabogal"/>

        <!--descriptor id="dResultados" region="rgResultados"/-->

        <descriptor focusIndex="11" moveRight="12" moveLeft="13" id="dSi" region="rgImgSi"/>
        <descriptor focusIndex="12" moveRight="13" moveLeft="11" id="dNo"
region="rgImgNo"/>
        <descriptor focusIndex="13" moveRight="11" moveLeft="12" id="dNS" region="rgImgNose"/>

        <descriptor id="dResultados" region="rgResultados"/>

        <descriptor id="dImgX1" region="rgImgHX"/>
        <descriptor id="dImgX2" region="rgImgHX"/>
        <descriptor id="dImgX3" region="rgImgHX"/>
        <descriptor id="dPX" region="rgPreguntaX"/>

        <!--descriptor para las imagenes tercera pantalla/-->
        <descriptor id="dPaso1" region="rgPaso1"/>
        <descriptor id="dPaso2" region="rgPaso2"/>
        <descriptor id="dPaso3" region="rgPaso3"/>

```

```

</descriptorBase>
<connectorBase>
  <importBase alias="connBase" documentURI="ConnectorBase.conn"/>
  <causalConnector id="onKeySelecionSetStop">
    <connectorParam name="keyCode"/>
    <connectorParam name="var"/>
    <simpleCondition key="$keyCode" role="onSelection"/>
    <compoundAction operator="seq">
      <simpleAction role="set" value="$var"/>
      <simpleAction role="stop"/>
    </compoundAction>
  </causalConnector>
  <causalConnector id="onKeySelecionDelayedStop">
    <connectorParam name="keyCode"/>
    <simpleCondition key="$keyCode" role="onSelection"/>
    <simpleAction delay="1s" role="stop"/>
  </causalConnector>
  <causalConnector id="onKeySelecionStop">
    <connectorParam name="keyCode"/>
    <simpleCondition key="$keyCode" role="onSelection"/>
    <simpleAction role="stop"/>
  </causalConnector>
  <causalConnector id="onEndAttributionDelayedStop">
    <simpleCondition role="onEndAttribution"/>
    <simpleAction delay="10s" role="stop"/>
  </causalConnector>
  <causalConnector id="onSelectionSetNStartNStopN">
    <connectorParam name="var"/>
    <simpleCondition role="onSelection"/>
    <compoundAction operator="seq">
      <simpleAction max="unbounded" qualifier="par" role="set" value="$var"/>
      <simpleAction max="unbounded" qualifier="par" role="start"/>
      <simpleAction max="unbounded" qualifier="par" role="stop"/>
    </compoundAction>
  </causalConnector>
  <causalConnector id="onKeySelectionSetNStartNStopNAbortN">
    <connectorParam name="keyCode"/>
    <connectorParam name="var"/>
    <simpleCondition key="$keyCode" role="onSelection"/>
    <compoundAction operator="seq">
      <simpleAction max="unbounded" qualifier="par" role="set" value="$var"/>
      <simpleAction max="unbounded" qualifier="par" role="start"/>
      <simpleAction max="unbounded" qualifier="par" role="stop"/>
      <simpleAction max="unbounded" qualifier="par" role="abort"/>
    </compoundAction>
  </causalConnector>
  <causalConnector id="onKeySelectionSetNStartNStopN">
    <connectorParam name="keyCode"/>
    <connectorParam name="var"/>
    <simpleCondition key="$keyCode" role="onSelection"/>
    <compoundAction operator="seq">
      <simpleAction max="unbounded" qualifier="par" role="set" value="$var"/>
      <simpleAction max="unbounded" qualifier="par" role="start"/>
      <simpleAction max="unbounded" qualifier="par" role="stop"/>
    </compoundAction>
  </causalConnector>
  <causalConnector id="onBeginSet">
    <connectorParam name="var"/>
    <simpleCondition role="onBegin"/>
    <simpleAction role="set" value="$var"/>
  </causalConnector>
  <causalConnector id="onEndAttributionSet">
    <connectorParam name="var"/>
    <simpleCondition role="onEndAttribution"/>
    <simpleAction role="set" value="$var"/>
  </causalConnector>
  <causalConnector id="onKeySelectionSetN">
    <connectorParam name="var"/>
    <connectorParam name="keyCode"/>
    <simpleCondition key="$keyCode" role="onSelection"/>
    <compoundAction operator="seq">
      <simpleAction max="unbounded" qualifier="par" role="stop"/>
      <simpleAction max="unbounded" qualifier="par" role="start"/>
      <simpleAction role="set" value="$var"/>
    </compoundAction>
  </causalConnector>

```

---

```

        </compoundAction>
      </causalConnector>
    </connectorBase>
  </head>
  <!-- CUERPO DE PROGRAMA -->
  <body>

    <!-- Puerta de entrada al contexto -->
    <port component="video" id="port_newDocument1_video"/>
    <media id="programSettings" type="application/x-ginga-settings">
      <property name="service.currentKeyMaster" value="luaIdx"/>
    </media>

    <!-- Declaracion de Midias -->

    <media descriptor="dVideo" id="video" src="media/huanuco.mp4">
      <property name="bounds"/>
    </media>

    <media descriptor="dFondo" id="mFondo" src="media/fondo.png"/>
    <media descriptor="dBoton1" id="botonRojo" src="media/botonRojo.png"/>

    <!--pantalla 1-->
    <media descriptor="dBoton2" id="botonVerde" src="media/botonVerde.png"/>
    <media descriptor="dPreguntal" id="mLuaPregunta" src="lua/preguntal.lua"/>
    <media descriptor="dRebagliati" id="mRebagliati" src="media/rebagliati.png"/>
    <media descriptor="dAlmenara" id="mAlmenara" src="media/almenara.png"/>
    <media descriptor="dSabogal" id="mSabogal" src="media/sabogal.png"/>
    <media descriptor="dNomRebagliati" id="mNomRebagliati"
src="media/nomrebagliati.png"/>
    <media descriptor="dNomAlmenara" id="mNomAlmenara" src="media/nomalmenara.png"/>
    <media descriptor="dNomSabogal" id="mNomSabogal" src="media/nomsabogal.png"/>

    <!--pantalla 2-->
    <media descriptor="dSi" id="mSi" src="media/si.png"/>
    <media descriptor="dNo" id="mNo" src="media/no.png"/>
    <media descriptor="dNS" id="mNose" src="media/nose.png"/>
    <media descriptor="dImgX1" id="mImgX1" src="media/rebagliati.png"/>
    <media descriptor="dImgX2" id="mImgX2" src="media/almenara.png"/>
    <media descriptor="dImgX3" id="mImgX3" src="media/sabogal.png"/>

    <media descriptor="dPreguntaX" id="mPreguntaX" src="lua/preguntax.lua">
      <property name="hospital"/>
    </media>

    <!--pantalla 3-->
    <media descriptor="dPaso1" id="mPaso1" src="media/Nrebagliati.png"/>
    <media descriptor="dPaso2" id="mPaso2" src="media/Nalmenara.png"/>
    <media descriptor="dPaso3" id="mPaso3" src="media/Nsabogal.png"/>

    <!--multimedia que muestra imagenes con nombre-->
    <media descriptor="dResultados" id="mluaResultados" src="lua/votacion.lua">
      <!--Propriedad que es seteada para "si" quando el usuario selecciona la
opcion (Si),
para "no" cuando el usuario selecciona la opcion (No) y cuando el
usuario selecciona la
opcion (no opina). Cuando esta propiedad es seteada, el script LUA
captura este evento y envia el voto para o servidor web remoto-->
      <property name="voto"/>
      <!--Propriedad que es seteada por el script Lua, para indicar al NCL que el
resultado
de la votacion fue mostrado y asimismo, se debe interrumpir el nodo
LUA. la interrupcion
ocurre con delay (retardo)-->
      <property name="result"/>
    </media>

    <!-- LINK -->
    <link id="iniciaVideo" xconnector="connBase#onBeginStartN">
      <bind component="video" role="onBegin"/>
      <bind component="botonRojo" role="start"/>
      <bind component="mFondo" role="start"/>
    </link>

```

---

```

<!-- Inicio de la interactividad. Ejecucion del menu -->
<link id="InicioInteractividad" xconnector="onKeySelectionSetN">
  <bind component="botonRojo" role="onSelection">
    <bindParam name="keyCode" value="RED"/>
  </bind>
  <bind component="video" interface="bounds" role="set">
    <bindParam name="var" value="45.0%,5.0%,50.0%,50.0%"/>
    <!-- "left,top,width,height" -->
  </bind>
  <bind component="mLuaPregunta" role="start"/>
  <bind component="mRebagliati" role="start"/>
  <bind component="mAlmenara" role="start"/>
  <bind component="mSabogal" role="start"/>
  <bind component="mNomRebagliati" role="start"/>
  <bind component="mNomAlmenara" role="start"/>
  <bind component="mNomSabogal" role="start"/>
  <bind component="botonVerde" role="start"/>

  <bind component="mPreguntaX" role="start"/>
  <bind component="mLuaResultados" role="start"/>
  <bind component="botonRojo" role="stop"/>
</link>

<!--Cuando el usuario elige uno de los hospitales -->
  <!-- hospital rebaglaity-->
<link id="Interactividad2" xconnector="onKeySelectionSetNStartNStopN">
  <bind component="mNomRebagliati" role="onSelection">
    <bindParam name="keyCode" value="ok"/>
  </bind>
  <bind component="mPreguntaX" role="set" interface="hospital">
    <bindParam name="var" value="REBAGLIATI"/>
  </bind>
  <bind component="mImgX1" role="start"/>

  <bind component="mSi" role="start"/>
  <bind component="mNo" role="start"/>
  <bind component="mNose" role="start"/>

  <bind component="mLuaPregunta" role="stop"/>

  <bind component="mRebagliati" role="stop"/>
  <bind component="mAlmenara" role="stop"/>
  <bind component="mSabogal" role="stop"/>

  <bind component="mNomRebagliati" role="stop"/>
  <bind component="mNomAlmenara" role="stop"/>
  <bind component="mNomSabogal" role="stop"/>

  <bind component="botonVerde" role="start"/>
</link>

  <!-- hospital Almenara-->
<link id="Interactividad2.1" xconnector="onKeySelectionSetNStartNStopN">
  <bind component="mNomAlmenara" role="onSelection">
    <bindParam name="keyCode" value="ok"/>
  </bind>
  <bind component="mPreguntaX" interface="hospital" role="set">
    <bindParam name="var" value="ALMENARA"/>
  </bind>
  <bind component="mImgX2" role="start"/>      <!--Nombre del hospital elegido
-->

  <bind component="mSi" role="start"/>
  <bind component="mNo" role="start"/>
  <bind component="mNose" role="start"/>
  <bind component="mLuaPregunta" role="stop"/>
  <bind component="mRebagliati" role="stop"/>
  <bind component="mAlmenara" role="stop"/>
  <bind component="mSabogal" role="stop"/>
  <bind component="mNomRebagliati" role="stop"/>
  <bind component="mNomAlmenara" role="stop"/>
  <bind component="mNomSabogal" role="stop"/>
  <bind component="botonVerde" role="start"/>
</link>

  <!-- hospital Sabogal -->
<link id="Interactividad2.2" xconnector="onKeySelectionSetNStartNStopN">

```

```

        <bind component="mNomSabogal" role="onSelection">
            <bindParam name="keyCode" value="ok"/>
        </bind>
        <bind component="mPreguntaX" interface="hospital" role="set">
            <bindParam name="var" value="SABOGAL"/>
        </bind>
        <bind component="mImgX3" role="start"/>        <!--Imagen del hospital elegido
-->

        <bind component="mSi" role="start"/>
        <bind component="mNo" role="start"/>
        <bind component="mNose" role="start"/>
        <bind component="mLuaPregunta" role="stop"/>
        <bind component="mRebagliati" role="stop"/>
        <bind component="mAlmenara" role="stop"/>
        <bind component="mSabogal" role="stop"/>
        <bind component="mNomRebagliati" role="stop"/>
        <bind component="mNomAlmenara" role="stop"/>
        <bind component="mNomSabogal" role="stop"/>
        <bind component="botonVerde" role="start"/>
    </link>

    <!--Cuando el usuario opina sobre el hospital que eligio tiene 3 alternativas si -
no - no opina-->
    <!-- Eligio si-->
    <link xconnector="onKeySelectionSetNStartNStopN">
        <bind component="mSi" role="onSelection">
            <bindParam name="keyCode" value="ok"/>
        </bind>
        <bind component="mLuaResultados" interface="voto" role="set">
            <bindParam name="var" value="si"/>
        </bind>

        <bind component="mPaso1" role="start"/>
        <bind component="mPaso2" role="start"/>
        <bind component="mPaso3" role="start"/>

        <bind component="mNo" role="stop"/>
        <bind component="mNose" role="stop"/>
        <bind component="mImgX1" role="stop"/>
        <bind component="mImgX2" role="stop"/>
        <bind component="mImgX3" role="stop"/>
        <bind component="mPreguntaX" role="stop"/>
    </link>
    <!--Cuando el usuario presiona la tecla si, esperara un intervalo de tiempo, hasta
que el resultado salga en pantalla -->
    <link xconnector="onKeySelecionDelayedStop">
        <bind component="mSi" role="onSelection">
            <bindParam name="keyCode" value="ok"/>
        </bind>
        <bind component="mSi" role="stop"/>
    </link>

    <!-- Eligio No-->
    <link xconnector="onKeySelectionSetNStartNStopN">
        <bind component="mNo" role="onSelection">
            <bindParam name="keyCode" value="ok"/>
        </bind>
        <bind component="mLuaResultados" interface="voto" role="set">
            <bindParam name="var" value="no"/>
        </bind>

        <bind component="mPaso1" role="start"/>
        <bind component="mPaso2" role="start"/>
        <bind component="mPaso3" role="start"/>

        <bind component="mSi" role="stop"/>
        <bind component="mNose" role="stop"/>
        <bind component="mImgX1" role="stop"/>
        <bind component="mImgX2" role="stop"/>
        <bind component="mImgX3" role="stop"/>

        <bind component="mPreguntaX" role="stop"/>
    </link>

```

```

        <!--Cuando el usuario presiona la tecla no, esperara un intervalo de tiempo, hasta
que el resultado salga en pantalla -->
        <link xconnector="onKeySelecionDelayedStop">
            <bind component="mNo" role="onSelection">
                <bindParam name="keyCode" value="ok"/>
            </bind>
            <bind component="mNo" role="stop"/>
        </link>

        <!-- Eligio NOSE-->
        <link xconnector="onKeySelectionSetNStartNStopN">
            <bind component="mNose" role="onSelection">
                <bindParam name="keyCode" value="ok"/>
            </bind>
            <bind component="mluaResultados" interface="voto" role="set">
                <bindParam name="var" value="nose"/>
            </bind>

            <bind component="mPaso1" role="start"/>
            <bind component="mPaso2" role="start"/>
            <bind component="mPaso3" role="start"/>

            <bind component="mSi" role="stop"/>
            <bind component="mNo" role="stop"/>
            <bind component="mImgX1" role="stop"/>
            <bind component="mImgX2" role="stop"/>
            <bind component="mImgX3" role="stop"/>

            <bind component="mPreguntaX" role="stop"/>
        </link>
        <!--Cuando el usuario presionar la tecla, esperara un intervalo de tiempo, hasta
que el resultado salga en pantalla -->
        <link xconnector="onKeySelecionDelayedStop">
            <bind component="mNose" role="onSelection">
                <bindParam name="keyCode" value="ok"/>
            </bind>
            <bind component="mNose" role="stop"/>
        </link>

        <!--Despues que el resultado fue mostrado, despues de 10 segundos, interrumpe el
nodo LUA-->
        <link xconnector="onEndAttributionDelayedStop">
            <bind component="mluaResultados" interface="result"
role="onEndAttribution"/>
            <bind component="mluaResultados" role="stop"/>
        </link>

        <!--La interactividad es detenido si el boton VERDE es presionado-->
        <link id="pararInteractividad" xconnector="onKeySelectionSetNStartNStopN">
            <bind component="botonVerde" role="onSelection">
                <bindParam name="keyCode" value="GREEN"/>
            </bind>
            <bind component="video" interface="bounds" role="set">
                <bindParam name="var" value="0.0%,0.0%,200.0%,200.0%"/>
                <!-- "left,top,width,height" -->
            </bind>

            <!-- Detenemos todos los nodos medias -->
            <bind component="mSi" role="stop"/>
            <bind component="mNo" role="stop"/>
            <bind component="mNose" role="stop"/>

            <bind component="mluaResultados" role="stop"/>
            <bind component="botonVerde" role="stop"/>
            <bind component="mLuaPregunta" role="stop"/>
            <bind component="mRebagliati" role="stop"/>
            <bind component="mAlmenara" role="stop"/>
            <bind component="mSabogal" role="stop"/>
            <bind component="mNomRebagliati" role="stop"/>
            <bind component="mNomAlmenara" role="stop"/>
            <bind component="mNomSabogal" role="stop"/>
            <bind component="mImgX1" role="stop"/>
            <bind component="mImgX2" role="stop"/>
            <bind component="mImgX3" role="stop"/>
            <bind component="mPreguntaX" role="stop"/>

```

```

        <bind component="mPaso1" role="stop"/>
        <bind component="mPaso2" role="stop"/>
        <bind component="mPaso3" role="stop"/>

        <bind component="botonRojo" role="start"/>

    </link>
</body>
</ncl>

```

## B.3 Código fuente Lua

Archivo: *votación.lua*

```

--[[
#####
#UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS-UNMSM
#-----
#TESIS DE MAESTRIA: Analisis y Modelamiento de la Tecnicas de Canal de Retorno e Interactividad
#           para el estandar de Television Digital Terrestre ISDB-T
#-----
#AUTOR: Ing. Ronald Paucar Curasma (rpaucar@inictel-uni.edu.pe)
#-----
#ASESOR: Msc. Ing. JOSE LUIS MUNOZ MEZA (jlmunoz@osiptel.gob.pe)
#####
]]

--Usa el archivo tcp.lua disponible en el directorio actual
require 'tcp'

--Setea el valor de una propiedad del nodo LUA actual
--@param propName Nombre de la propiedad del nodo LUA ha ser seteada
--@param propValue Valor ha ser atribuido a la propiedad

local dx,dy = canvas:attrSize()

function resultado(m1,m2,px,py)
    if ((m1/m2)>=(50/100)) then
        canvas:compose(px,py,canvas:new('media/ok.png'))
        return --"Si Paso"
    else
        canvas:compose(px,py,canvas:new('media/mal.png'))
        return --"No Paso"
    end
end

function setLuaPropertie(propName, propValue)
    local evt = {
        class = 'ncl',
        type = 'attribution',
        name = propName,
        value = propValue,
    }

    evt.action = 'start'; event.post(evt)
    evt.action = 'stop' ; event.post(evt)
end

function writeText(text)
    --canvas:attrColor("black")
    --canvas:drawRect("fill", 0,0, canvas:attrSize())

```



---

```

--RGBA: Red, Blue, Green, Alpha (0=transparente total .. 255=opaco total)

canvas:attrColor(255,255,255,0)
canvas:clear()

canvas:attrFont("vera", 22)
canvas:drawText(10, 30, text)
canvas:flush()
end

function writeResult(votos)
  canvas:attrColor(255,255,255,0)
  canvas:clear()
  --obtenemos las dimensiones de la region(los valores dx y dy estaran en pixeles)

  --imagenes con la condicion (si pasaron la aprobacion es decir el si debe ser mas que 50%)

--primer cuadro estadistico rebagliati
n1 = votos.rebagliati.si
n2 = votos.rebagliati.no
n3 = votos.rebagliati.nose
sum = n1 + n2 + n3

  canvas:attrFont("vera",17)
  canvas:attrColor('green')
  canvas:drawText((1/100)*dx, (2/100)*dy, "Hospitales que pasaron el 50% de aprobacion")
  canvas:attrFont("vera", 24)
  canvas:attrColor('red')
  canvas:drawText((40/100)*dx, (60/100)*dy, "Cuadros estadisticos:")
  canvas:attrFont("vera", 20)
  canvas:attrColor('blue')
  canvas:drawText((2/100)*dx, (70/100)*dy, "Si: "..n1)
  canvas:drawRect('fill', (12/100)*dx, (71/100)*dy, (n1/sum)*(21/100)*dx, (4/100)*dy)

  canvas:drawText((2/100)*dx, (75/100)*dy, "No: "..n2)
  canvas:drawRect('fill', (12/100)*dx, (76/100)*dy, (n2/sum)*(21/100)*dx, (4/100)*dy)

  canvas:drawText((2/100)*dx, (80/100)*dy, "N/o: "..n3)
  canvas:drawRect('fill', (12/100)*dx, (81/100)*dy, (n3/sum)*(0.21)*dx, (4/100)*dy)

  canvas:attrFont("vera", 24)
  canvas:attrColor('red')
  canvas:drawText((4/100)*dx, (86/100)*dy, "REBAGLIATI")
  --canvas:attrFont("vera", 22)
  --canvas:attrColor('black')
  --canvas:drawText((25/100)*dx, (18/100)*dy, ""..resultado(n1,sum))
  resultado(n1,sum, (25/100)*dx, (18/100)*dy)

--segundo cuadro estadistico Almenara
n1 = votos.almenara.si
n2 = votos.almenara.no
n3 = votos.almenara.nose
sum = n1 + n2 + n3

  canvas:attrFont("vera", 20)
  canvas:attrColor('blue')

  canvas:drawText((34/100)*dx, (70/100)*dy, "Si: "..n1)
  canvas:drawRect('fill', (44/100)*dx, (71/100)*dy, (n1/sum)*(21/100)*dx, (4/100)*dy)

  canvas:drawText((34/100)*dx, (75/100)*dy, "No: "..n2)
  canvas:drawRect('fill', (44/100)*dx, (76/100)*dy, (n2/sum)*(21/100)*dx, (4/100)*dy)

  canvas:drawText((34/100)*dx, (80/100)*dy, "N/o: "..n3)
  canvas:drawRect('fill', (44/100)*dx, (81/100)*dy, (n3/sum)*(21/100)*dx, (4/100)*dy)

  canvas:attrFont("vera", 24)
  canvas:attrColor('red')
  canvas:drawText((38/100)*dx, (86/100)*dy, "ALMENARA")
  canvas:attrFont("vera", 22)
  canvas:attrColor('black')
  --canvas:drawText((25/100)*dx, (36/100)*dy, ""..resultado(n1,sum))
  resultado(n1,sum, (25/100)*dx, (36/100)*dy)

```

---

---

```

--tercer cuadro estadistico sabogal
n1 = votos.sabogal.si
n2 = votos.sabogal.no
n3 = votos.sabogal.nose
sum = n1 + n2 + n3

canvas:attrFont("vera", 20)
canvas:attrColor('blue')

canvas:drawText((66/100)*dx, (70/100)*dy, "Si: "..n1)
canvas:drawRect('fill', (76/100)*dx, (71/100)*dy, (n1/sum)*(21/100)*dx, (4/100)*dy)

canvas:drawText((66/100)*dx, (75/100)*dy, "No: "..n2)
canvas:drawRect('fill', (76/100)*dx, (76/100)*dy, (n2/sum)*(21/100)*dx, (4/100)*dy)

canvas:drawText((66/100)*dx, (80/100)*dy, "N/o: "..n3)
canvas:drawRect('fill', (76/100)*dx, (81/100)*dy, (n3/sum)*(21/100)*dx, (4/100)*dy)

canvas:attrFont("vera", 24)
canvas:attrColor('red')
canvas:drawText((70/100)*dx, (86/100)*dy, "SABOGAL")
canvas:attrFont("vera", 22)
canvas:attrColor('black')
--canvas:drawText((25/100)*dx, (56/100)*dy, "..resultado(n1,sum))
resultado(n1,sum, (25/100)*dx, (56/100)*dy)

canvas:flush()
end

function handler (evt)

    if evt.class ~= 'ncl' or evt.type ~= 'attribution' or evt.action ~= 'start' or evt.name ~=
'voto' then
        return
    end
    archivo = io.open("hospital.txt", "r")
    local nombre = archivo:read()
    archivo:close()

    --print("\\\\\\" HOSPITAL: "..archivo)

    local host = "190.12.88.10"

    print(evt.name, evt.value)

    tcp.execute(
        function ()
            --writeText("Obteniendo resultado...")
            tcp.connect(host, 80)
            --conecta no servidor
            print("Conectado a "..host)

            --local url = "GET http://"..host.."/votacion/votacion.php?voto="..evt.value.."\\n"
            local url = "GET
http://"..host.."/encuesta/votacion.php?voto="..evt.value.."&hospital="..nombre.."\\n"

            print("URL: "..url)
            --envia una solicitud HTTP para grabar voto en el servidor de DB MySQL 190.12.88.10
            tcp.send(url)

            --obtiene todo el contenido de la pagina accesada
            local result = tcp.receive("*a")
            if result then
                print("Datos de conexion TCP recibidos")

                f = loadstring(result)
                if f then
                    f()
                    writeResult(votos)

                end
            else

```

---

```

        print("Error al recibir datos de la conexion TCP")
        if evt.error ~= nil then
            result = 'error: ' .. evt.error
        end
    end
    tcp.disconnect()
end
)
end
event.register(handler)

```

### Archivo: *pregunta1.lua*

```

--[[
#####
#UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS-UNMSM
#-----
#TESIS DE MAESTRIA: Analisis y Modelamiento de la Tecnicas de Canal de Retorno e Interactividad
#               para el estandar de Television Digital Terrestre ISDB-T
#-----
#AUTOR: Ing. Ronald Paucar Curasma (rpaucar@inictel-uni.edu.pe)
#-----
#ASESOR: Msc. Ing. JOSE LUIS MUNOZ MEZA (jlmunoz@osiptel.gob.pe)
#####
]]
function writeText(text,p,q)
    --canvas:attrColor("black")
    --canvas:drawRect("fill", 0,0, canvas:attrSize())
    --RGBA: Red, Blue, Green, Alpha (0=transparente total .. 255=opaco total)

    canvas:attrColor(255,255,255,0)
    --canvas:clear()

    canvas:attrFont("vera", 36)
    canvas:attrColor('green')
    canvas:drawText(p,q, text)
    canvas:flush()
end

function handler (evt)
--    if evt.class ~= 'ncl' or evt.type ~= 'presentation' or evt.action ~= 'start' then
--        return
--    end

    writeText("Que hospital",1,1)
    writeText("frecuenta mas ?",1,30)

end

event.register(handler)

```

### Archivo: *preguntax.lua*

```

--[[
#####
#UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS-UNMSM
#-----
#TESIS DE MAESTRIA: Analisis y Modelamiento de la Tecnicas de Canal de Retorno e Interactividad
#               para el estandar de Television Digital Terrestre ISDB-T
#-----

```

```

#AUTOR: Ing. Ronald Paucar Curasma (rpaucar@inictel-uni.edu.pe)
#-----
#ASESOR: Msc. Ing. JOSE LUIS MUNOZ MEZA (jlmunoz@osiptel.gob.pe)
#####
]]

function writeText(text,p,q,n)
    --canvas:attrColor("black")
    --canvas:drawRect("fill", 0,0, canvas:attrSize())
    --RGBA: Red, Blue, Green, Alpha (0=transparente total .. 255=opaco total)

    canvas:attrColor(255,255,255,0)
    --canvas:clear()

    canvas:attrFont("vera", n)
    canvas:attrColor('green')
    canvas:drawText(p,q, text)
    canvas:flush()
end

function handler (evt)

    if evt.class ~= 'ncl' or evt.type ~= 'attribution' or evt.action ~= 'start' then
        return
    end

    arquivo = io.open("hospital.txt","w")
    arquivo:write(evt.value)
    arquivo:close()

    print("valor enviado: ///////////////////////////////////"..evt.value)
    writeText("Esta de acuerdo con el servicio",1,1,20)
    writeText("que brinda el hospital:",1,22,24)
    writeText(evt.value,10,45,30)

end

event.register(handler)

```

## Archivo *tcp.lua*

```

---Biblioteca para realizaÃ§Ã£o de conexÃµes TCP.
---Utiliza co-rotinas de lua para simular multi-thread.
---Fonte: <a href="http://www.telemidia.puc-rio.br/~francisco/nclua/index.html">Tutorial de
NCLua</a>

-- TODO:
-- * nao aceita `tcp.execute` reentrante

---Declara localmente mÃ³dulos e funÃ§Ãµes globais pois, ao definir
--o script como um mÃ³dulo, o acesso ao ambiente global Ã© perdido
local _G, coroutine, event, assert, pairs, type, print
    = _G, coroutine, event, assert, pairs, type, print
local s_sub = string.sub

module 'tcp'

---Lista de conexÃµes TCP ativas
local CONNECTIONS = {}

---Obtem a co-rotina em execuÃ§Ã£o
--@returns Retorna o identificador da co-rotina em execuÃ§Ã£o
local current = function ()
    return assert(CONNECTIONS[assert(coroutine.running())])
end

---(Re)Inicia a execuÃ§Ã£o de uma co-rotinas. Estas, sÃ£o criadas
--suspensas, assim, Ã© necessÃ¡rio resumÃ--las para entrarem
--em execuÃ§Ã£o.

```

---

```

--@param co Co-rotina a ser resumida
--@param ... Todos os parâmetros adicionais
--São passados à função que a co-rotina executa.
--Quando a co-rotina é suspensa com yield, ao ser resumida
--novamente, estes parâmetros extras passados na chamada de resume
--são retornados pela yield. Isto é usado, por exemplo, na co-rotina da
--função receive, para receber a resposta de uma requisição TCP. Assim,
--ao iniciar, co-rotina da função é suspensa para que fique aguardando
--a resposta da requisição TCP. Quando a função tratadora de eventos (handler)
--recebe os dados, ela resume a co-rotina da função receive. Os dados
--recebidos são passados à função resume, e estes são retornados pela função
--yield depois que a co-rotina é reiniciada.
local resume = function (co, ...)
    assert(coroutine.status(co) == 'suspended')
    assert(coroutine.resume(co, ...))
    if coroutine.status(co) == 'dead' then
        CONNECTIONS[co] = nil
    end
end
end

--Função tratadora de eventos. Utilizada para tratar
--os eventos gerados pelas chamadas às funções da classe tcp.
--@param evt Tabela contendo os dados do evento capturado
function handler (evt)
    if evt.class ~= 'tcp' then return end

    if evt.type == 'connect' then
        for co, t in pairs(CONNECTIONS) do
            if (t.waiting == 'connect') and
                (t.host == evt.host) and (t.port == evt.port) then
                t.connection = evt.connection
                t.waiting = nil
                --Continua a execução da co-rotina,
                --fazendo com que a função connect, que causou
                --o disparo do evento connect, capturado
                --por esta função (handler), seja finalizada.
                resume(co)
                break
            end
        end
        return
    end

    if evt.type == 'disconnect' then
        for co, t in pairs(CONNECTIONS) do
            if t.waiting and
                (t.connection == evt.connection) then
                t.waiting = nil
                resume(co, nil, 'disconnected')
            end
        end
        return
    end

    --Evento disparado quando existem dados a serem recebidos
    --após a chamada da função receive.
    if evt.type == 'data' then
        for co, t in pairs(CONNECTIONS) do
            if (t.waiting == 'data') and
                (t.connection == evt.connection) then
                --O atributo value da tabela evt contém os dados
                --recebidos. Assim, continua a execução da função que disparou
                --este evento (função receive). O valor de evt.value
                --é retornado pela função coroutine.yield, chamada
                --dentro da função receive (que ficou suspensa
                --aguardando os dados serem recebidos).
                --Desta forma, dentro da função receive, o retorno
                --de coroutine.yield contém os dados recebidos.
                resume(co, evt.value)
            end
        end
        return
    end
end
event.register(handler)

```

---

---

```

---Função que deve ser chamada para iniciar uma conexão TCP.
--@param f Função que deverá executar as rotinas
--para realizaçao de uma conexão TCP, envio de requisições
--e obtenção de resposta.
--@param ... Todos os parâmetros adicionais
--são passados à função que a co-rotina executa.
--@see resume
function execute (f, ...)
    resume(coroutine.create(f), ...)
    print("finalizou tcp.execute")
end

---Conecta em um servidor por meio do protocolo TCP.
--A função retorna quando a conexão for estabelecida.
--@param host Nome do host para conectar
--@param port Porta a ser usada para a conexão
function connect (host, port)
    local t = {
        host    = host,
        port    = port,
        waiting = 'connect'
    }
    CONNECTIONS[coroutine.running()] = t

    event.post {
        class = 'tcp',
        type  = 'connect',
        host  = host,
        port  = port,
    }

    --Suspende a execução da co-rotina.
    --A função atual (connect) só retorna quando
    --a co-rotina for resumida, o que ocorre
    --quando o evento connect é capturado
    --pela função handler.
    return coroutine.yield()
end

---Fecha a conexão TCP e retorna imediatamente
function disconnect ()
    local t = current()
    event.post {
        class    = 'tcp',
        type     = 'disconnect',
        connection = assert(t.connection),
    }
end

---Envia uma requisição TCP ao servidor no qual se está conectado, e retorna imediatamente.
--@param value Mensagem a ser enviada ao servidor.
function send (value)
    local t = current()
    event.post {
        class    = 'tcp',
        type     = 'data',
        connection = assert(t.connection),
        value    = value,
    }
end

---Recebe resposta de uma requisição enviada previamente
--ao servidor.
--@param pattern Padrão para recebimento dos dados.
--Se passado *a, todos os dados da resposta são
--retornados de uma só vez, sem precisar fazer
--chamadas sucessivas a esta função.
--Se omitido, os dados vão sendo retornados parcialmente,
--sendo necessárias várias chamadas à função.
function receive (pattern)
    pattern = pattern or '' -- TODO: '*1'/number
    local t = current()
    t.waiting = 'data'

```

---

---

```

t.pattern = pattern

if s_sub(pattern, 1, 2) ~= '*a' then
    --Suspende a execu  o da fun  o, at   que
    --um bloco de dados seja recebido.
    --Ela s      resumida depois que
    --a fun  o handler (tratadora de eventos)
    --receber um bloco de dados. Nesse momento,
    --a fun  o receive retorna o bloco de dados.
    --Tendo entrado neste if, o par  metro pattern ser  
    --diferente de '*a', logo, ser   necess  rias
    --v  rias chamadas sucess  vas a receive para obter
    --toda a resposta da requisicao   enviada previamente
    --por meio da fun  o send.
    --A fun  o receive retorna nil quando n  o houver
    --mais nada para ser retornado.
    return coroutine.yield()
end

--Chegando aqui,    porque o par  metro pattern    igual
--a '*a', indicando que a fun  o s   deve retornar depois
--que toda a resposta da requisicao   enviada previamente,
--por meio da fun  o send, tiver sido retornada.
local all = ''
while true do
    --Suspende a execu  o da fun  o, at   que
    --um bloco de dados seja recebido.
    --Ela s      resumida depois que
    --a fun  o handler (tratadora de eventos)
    --receber um bloco de dados. Nesse momento,
    --a fun  o receive retorna o bloco de dados.
    --Se o resultado for nil, a fun  o finaliza
    --devolvendo todos os blocos de resposta recebidos,
    --concatenados. N  o sendo nil, a fun  o suspende a execu  o
    --at   receber novo bloco.
    local ret = coroutine.yield()
    if ret then
        all = all .. ret
    else
        return all
    end
end
end

```

## **Anexo C: Principales publicaciones**

### **C.1 Brazilian Technology Symposium / BTS – UNICAMP**



# Análisis del Canal de Retorno para la Televisión Digital Interactiva utilizando la Clase TCP-Lua

Ronald Paucar  
Curasma

Christian Velásquez  
Díaz

Eduardo Mendoza  
Villaizán

Daniel Díaz  
Ataucuri

Juan Mauricio  
Villanueva

emails: {rpaucar, cvelasquez, emendoza, ddiaz, jmauricio}@inictel-uni.edu.pe

Instituto Nacional de Investigación y Capacitación en Telecomunicaciones de la  
Universidad Nacional de Ingeniería INICTEL-UNI

Av. San Luis 1771 San Borja  
Lima - 00511 - 3461808 - Perú

## RESUMEN

Entre las principales características de la televisión digital (norma ISDB-T), se encuentra el canal de retorno que trae consigo diferentes topologías de comunicación y modelos de negocios, tales como *T-Learning*, *T-Voting*, *T-Commerce*, *T-Government*, etc., en las cuales la comunicación entre el elemento emisor y el telespectador es necesaria a través de una red de comunicaciones. En este panorama, en este trabajo, se ha desarrollado una aplicación interactiva utilizando el canal de retorno vía internet, para realizar la búsqueda de contenidos de direcciones web URL, a través de una palabra o texto, utilizando las funciones de la clase TCP Lua, siguiendo los estándares Ginga NCL, NCLua y probadas en un escenario real implementado con un *Set Top Box* (STB) con soporte middleware Ginga NCL y en el *virtual Set Top Box* Ginga NCL.

## Palabras Clave

TdT, ISDB-T, middleware, Ginga-NCL, NCLua, STB, interactividad.

## 1. INTRODUCCIÓN

En el Perú, con Resolución Suprema N° 019-2009-MTC del 23 de abril de 2009 [1], se resolvió adoptar el estándar ISDB-T como sistema de televisión digital terrestre (TdT). La elección del estándar para la TdT, fue resultado de las evaluaciones llevadas a cabo por una comisión designada para tal fin, tanto en las partes técnica, económica y de cooperación, ejecutándose pruebas de carácter subjetivo en diferentes escenarios geográficos del Perú (costa, sierra y selva). Los estándares de TdT evaluados fueron ATSC, DVB-T, ISDB-T y DTMB. El estándar ISDB-T fue elegido por sus mejores prestaciones y fundamentalmente por los beneficios para la inclusión social en el Perú.

Como parte del sistema de TdT, la interactividad es el componente fundamental permitiendo al telespectador interactuar con el emisor a través del control remoto, estableciendo la comunicación entre ellos. Dentro de la TdT se contempla tres formas de interactividad: la interactividad local, direccional y la bidireccional. Donde la interactividad direccional y bidireccional necesita de un canal de retorno para el envío de información en el sentido contrario del flujo de *broadcast* (radiodifusión).

A la fecha existen diversos trabajos de investigación en la adopción de una solución tecnológica para el canal de retorno para la TdT, el ejemplo más próximo es la experiencia brasileña; donde plantean una serie de tecnologías [2] para la implementación de canal de retorno en la región amazónica como la *Public Switched Telephone Network (PSTN)*, *Asymmetric Digital Subscriber Line (ADSL)*, *Wireless Fidelity (WiFi)*, *Worldwide Interoperability for Microwave Access (WiMax)*, *Power Line Communications (PLC)*, entre otras. Sin embargo, para el caso de Perú, el escenario es algo diferente debido a su heterogeneidad geográfica; por lo tanto para la elección del canal de retorno se debe tener en cuenta la densidad poblacional, infraestructura, condición socio-económica de la población y parámetros técnicos de Calidad de Servicio (QoS) (rendimiento, retardo, pérdida y probabilidad de bloqueo).

En este artículo se desarrolla un aplicación interactiva de tipo bidireccional bajo el Ginga NCL [3] y NCLua [4], que consiste en la búsqueda de la URL de la palabra o texto ingresado. Las pruebas se realizaron en el *virtual Set Top Box* Ginga-NCL y un *Set Top Box* real con soporte *middleware* Ginga NCL, conectados a internet, y las herramientas de desarrollo usadas fueron Composer, Eclipse con los plugins para NCL y Lua respectivamente.

## 2. ESTADO DEL ARTE DEL CANAL DE RETORNO PARA ISDB-T

### 2.1 Tecnologías de la Información y Comunicación en el Perú

Al igual que ocurre en otros aspectos del proceso hacia la modernidad, la incorporación de Tecnología de Información y Comunicación (TIC) no se da en forma equitativa, es decir, en el tránsito a la Sociedad de la Información se presentan inequidades dentro del país. Este aspecto se ve por el grado de urbanización: Lima Metropolitana, el Resto Urbano (más de 2000 habitantes) y Área Rural (menos de 2000 habitantes), se presentan diferencias muy marcadas, las mismas que se dan por los costos de instalación de estos servicios en los hogares rurales y también por la falta de acceso de estas TIC en las áreas menos pobladas donde es escasa la infraestructura que facilite la implementación.

Los indicadores TIC [5], manifiestan que los accesos a los servicios de telecomunicaciones son heterogéneos, el 27,7% de los hogares del país disponen de teléfono fijo, 65,2% cuentan con telefonía móvil (celular), 22,7% tiene acceso a la televisión por cable, el 19,2% cuenta con computadora y 9,7% tiene instalado internet en sus hogares.

El Perú se caracteriza por una geografía compleja y adversa, que está constituido por tres regiones: Costa, Sierra y Selva; como se observa en el mapa de la Figura 1. Por lo tanto en cada región se presentan inequidades en el acceso a las TICs.



Figura 1. Mapa geográfico del Perú

Se presume que la TdT mitigará la exclusión digital, permitiendo a la población aprovechar los beneficios de la interactividad por la televisión, por ejemplo teleeducación, telemedicina, y entre otros. Esto será posible "gracias" a la elección adecuada de la tecnología de comunicación para el canal de retorno.

## 2.2 Experiencia Brasileña: Canal de retorno

De acuerdo a la norma ABNT 15607-1 [2], se especifican una diversidad de tecnologías de acceso para el canal de retorno para la ISDB-T. Asimismo se han originado diversos trabajos de investigación por las universidades brasileñas con respecto al canal de retorno en la región amazónica. A continuación se analizan los diferentes planteamientos propuestos:

Aurelio Amodei [6] plantea una solución inalámbrica para el canal de retorno que no requiere ninguna infraestructura para su instalación. La propuesta se basa en el uso del estándar inalámbrico IEEE 802.11; en áreas con mayor densidad poblacional los nodos conectados son del 100%, pero en áreas con densidad media, decae el porcentaje hasta el 30% de nodos conectados; los nodos (*Set Top Boxes*) de usuarios serán los que reenvían los datos, es en esta parte donde se debe incidir en la seguridad de los datos. Por

lo tanto el desempeño de la red depende de los usuarios conectados.

Fabrizio Carvalho [7] propone el canal de interactividad para el Sistema de TdT Brasileño sobre una red PLC (*Power Line Communications*). De acuerdo a los resultados experimentales existe la posibilidad de usar como canal de retorno para una zona residencial, mas no para una zona rural, las pruebas se realizaron en un ambiente residencial con 3 Mbps. Los resultados no son favorables por el uso de *gateway PLC*, por el costo elevado de los equipos.

Mauro Margalho [8] propone un *framework*, con varios componentes (Proveedor de TV, Proveedor de contenidos, Proveedor de Canal de Retorno y Terminal Interactiva) para el control y gerenciamiento de canal de retorno para TdT; políticas de priorización con técnicas de calidad de servicio (*QoS*), análisis de tecnologías de conectividad. Asimismo la evaluación de los parámetros de rendimiento, *jitter*, retardo y probabilidad de bloqueo.

Anna Verónica [9] propone una solución para una población de bajo ingreso y medio rural, la solución se basa en la tecnología inalámbrica IEEE 802.11 para áreas donde no existe infraestructura de red; según las pruebas realizadas recomiendan utilizar el protocolo de enrutamiento OLSR para redes Adhoc, las simulaciones son realizadas para varios receptores de televisión (20 nodos).

A partir de estas investigaciones, se puede concluir, que es posible la implementación de canal de retorno para la televisión digital utilizando diversas tecnologías de red. Asimismo el menor costo de implementación, mayor alcance y cobertura, permitirán elegir de manera acertada una tecnología adecuada.

## 3. APLICACION INTERACTIVA BIDIRECCIONAL (TWO-WAY)

### 3.1 Aplicación de interactividad bidireccional

Las aplicaciones interactivas de tipo interactividad bidireccional, necesitan un canal de retorno para que el telespectador interactúe y pueda enviar datos a un servidor. El telespectador básicamente envía consultas a una base de datos remotos, búsqueda en internet, envío de mensajes a un servidor y entre otros. Por lo tanto para el desarrollo de este tipo de aplicaciones bajo el paradigma de Giga NCL, es imprescindible el uso del Lua y su extensión NCLua.

El estándar ABNT 15606 -2 [10] define el uso de Giga NCL para el desarrollo de aplicaciones para receptores fijos y móviles. Este estándar da soporte para el desarrollo de aplicaciones de interactividad con canal de retorno a través de clase TCP de Lua.

Existen librerías externas como el LuaSql [11] y LuaSocket [12] para el desarrollo de aplicaciones de interactividad bidireccional. El LuaSql es una interfaz para el acceso a una base de datos (*MySQL*, *PostgreSQL*, *ODBC*, *ADO* y *Oracle*) desde un script Lua. Mientras el LuaSocket es una extensión para conexiones a nivel de la capa de transporte mediante los protocolos *TCP* y *UDP* desde un script Lua. A la fecha estas librerías externas no forman

parte del estándar del Ginga NCL, por lo tanto no están incluidas en el *middleware* Ginga del *Set Top Box*. Esto origina dos comentarios; si bien es cierto el STB fue diseñado con hardware limitado en procesamiento y almacenamiento, la carga de estas librerías sobrecargaría el STB. Pero de lado del desarrollador se facilitaría el desarrollo de aplicaciones interactivas para la televisión digital.

Para el desarrollo de una aplicación interactiva para la televisión digital, existen herramientas de software, como el Composer, Eclipse, con los plugins NCL (*Nested Context Language*) y Lua respectivamente. Así también emuladores para la presentación o ejecución de script NCL, entre ellos tenemos el Emulador Ginga NCL y el Virtual Set Top Box Ginga NCL. Este último permite probar aplicaciones desarrolladas en entorno NCL y NCLua para la TdT.

### 3.2 Aplicación interactiva utilizando la clase TCP Lua

Se desarrollo una aplicación interactiva utilizando el canal de retorno de internet, para la búsqueda de direcciones URL web, a través de una palabra o *texto* de entrada, utilizando el paradigma de programación NCL y NCLua.

Para el desarrollo de este aplicativo se utilizo la clase TCP Lua [13], en la cual la pantalla de interactividad permite realizar una búsqueda por internet a través del buscador *google.com.pe*. Este aplicativo usa como canal de retorno el internet; donde el telespectador ingresa un *texto* a buscar a través de las teclas de control remoto, y como resultado de la búsqueda se obtiene el URL de la información solicitada. Para ingresar a la pantalla de interactividad se pulsa el botón ROJO del control remoto, como se muestra en la Figura 2.



Figura 2. Pantalla inicial de la aplicación interactiva, donde se aprecia la imagen con el símbolo de interactividad.

La clase TCP Lua, está compuesto por varias funciones: *connect*, *disconnect*, *execute*, *receive*, *send* y *handler*. A través de la

función *connect* se conecta al puerto 80 del servidor *www.google.com.pe* y con la función *send* envía una solicitud TCP al servidor, en el cual está conectado. Mediante la función *receive* se recibe la solicitud enviada previamente al servidor. Parte del código de conectividad utilizado Lua es mostrado en la Figura 3.

```
tcp.execute (
  function ()
    tcp.connect('www.google.com.pe', 80)
    tcp.send('GET /search?hl=pt-
    PR&btnIsq=..evt.value..\n')
    local result = tcp.receive()
    if result then
      result = string.match(result, 'Location:
      http://(.+)\r?\n') or 'no resultado'
    else
      local evt = {
        class = 'ncl',
        type = 'attribution',
        name = 'result',
        value = result,
      }
      evt.action = 'start'; event.post(evt)
      evt.action = 'stop'; event.post(evt)
      tcp.disconnect()
    end
  end
)
```

Figura 3. Script Lua con clase TCP

A manera de ejemplo, en este aplicativo se ingresa el *texto* "inictel", generando una solicitud o *request* con el comando *GET* a los servidores de *google*. Como resultado de la búsqueda se obtiene el URL *http://www.inictel-uni.edu.pe*, como se muestra en la Figura 4.



Figura 4. Resultado de la búsqueda de la palabra "inictel"

## 4. ESCENARIO DE PRUEBA DE CANAL DE RETORNO

### 4.1 Simulación en Virtual Set Top Box

Las pruebas se realizan en el virtual *Set Top Box* Ginga NCL instalado en una Laptop core 2 Duo, 2GB de RAM y con sistema operativo Linux Ubuntu, el cual estará conectado a una red LAN Ethernet de 10/100 Mbps, el acceso a internet cuenta con ancho de banda promedio de 5 Mbps. En la Figura 5, se ilustra el escenario de pruebas para la interactividad con canal de retorno a través de internet.



Figura 5. Escenario de prueba (simulación) para la interactividad con canal de retorno

### 4.2 Implementación en el Set Top Box para TV digital

También se realizaron pruebas reales en un escenario implementado para la interactividad bidireccional. Para la implementación se utilizaron un *Set Top Box* con soporte *middleware* Ginga NCL, MPEG-2, H.264 HD/SD, de 64 MB *Flash Memory* y 256 MB *SDRAM*, un Televisor Digital y un dispositivo de memoria externa (USB). El escenario de pruebas se muestra en la Figura 6. A través de la interface de red (LAN Ethernet de 10/100 Mbps) del STB se conecta al internet, que se utiliza como canal de retorno para la aplicación interactiva.



Figura 6. Escenario de prueba real para la interactividad con canal de retorno

La carga de la aplicación interactiva al Set Top Box se realizó mediante el puerto USB, a través de una memoria externa USB. En las Figuras 7 y 8 se muestran los resultados obtenidos de las pruebas realizadas. Como se puede observar en la Figura 7, durante la transmisión del programa, aparece el símbolo de interactividad "i", la cual puede ser seleccionada pulsando el botón ROJO del control remoto.



Figura 7. Emisión del programa de canal *TvPerú*, donde se aprecia el "botón ROJO" de interactividad

Una vez presionado el botón ROJO aparece la pantalla de interactividad asociado al programa de televisión emitido por el canal *TvPerú*. Como se puede observar en la Figura 8, aparece una leyenda indicando los dígitos "alfanuméricos" que el telespectador ingresará pulsando los botones del control remoto. En el ejemplo se ingresa la palabra "inictel", e iniciara la búsqueda en internet, teniendo como resultado el URL al igual que en la simulación (Figura 4). Para salir de la pantalla de interactividad, se pulsara el botón VERDE del control remoto.





Figura 8. Pantalla principal de interactividad asociada al canal *TvPerú*

## 5. CONCLUSIONES

La aplicación desarrollada para la interactividad bidireccional permitió validar, la interactividad a través de un canal de entorno, teniendo como medio transporte el internet. Las pruebas se realizaron en el virtual *Set Top Box* Ginga NCL, y en un escenario real implementado con un Televisor Digital y un *Set Top Box* con soporte *middleware* Ginga NCL.

La clase TCP Lua cuenta con funciones que permite desarrollar aplicaciones interactivas para la TdT con canal de retorno. Las aplicaciones interactivas relacionadas a la *T-Learning*, *T-Voting*, *T-Commerce*, *T-Government* y entre otros, hacen uso de la clase TCP Lua para solicitar conexiones a través de un canal de retorno.

Asimismo la clase TCP Lua es un estándar aprobada para el desarrollo de aplicaciones para la TdT. Por lo tanto forma parte del *middleware* Ginga.

Para futuros trabajos de investigación se plantea realizar pruebas en un escenario *WiFi* y realizar simulaciones a gran escala; donde se evaluarán los parámetros del canal de retorno (rendimiento, retardo, variación de retardo y probabilidad de bloqueo) de manera cuantitativa.

## 6. AGRADECIMIENTO

Los autores, agradecen al Área de Aplicaciones Telemáticas del INICTEL-UNI de la Universidad Nacional de Ingeniería del Perú, por la infraestructura proporcionada para realizar este trabajo.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), Resolución Suprema N° 019-2009-MTC. [http://www.mtc.gob.pe/portal/tdt/Documentos/RS019\\_2009\\_MTC.pdf](http://www.mtc.gob.pe/portal/tdt/Documentos/RS019_2009_MTC.pdf), último acceso junio 2010.
- [2] ABNT NBR 15607-1, Televisión digital terrestre – Canal de interactividad Parte 1: Protocolos, interfaces físicas e interfaces de software. Disponible en internet en: [http://www.dtv.org.br/download/pt-br/ABNTNBR15607\\_2D1\\_2008Ed1.pdf](http://www.dtv.org.br/download/pt-br/ABNTNBR15607_2D1_2008Ed1.pdf), último acceso: abril del 2010.
- [3] GINGA. Portal sobre Ginga NCL. <http://www.gingancn.org.br/>, último acceso junio 2010.
- [4] NCLua. Documentación sobre NCLua. <http://www.telemidia.puc-rio.br/~francisco/nclua/index.html>, último acceso junio 2010.
- [5] Instituto Nacional de Estadísticas e Informática del Perú (INEI). Informe Técnico, “Las Tecnologías de Información y Comunicación en los Hogares”. Marzo del 2010
- [6] Aurelio Amodei Jr. “The Ad Hoc Return Channel: A Low-Cost Solution for Brazilian Interactive Digital TV”, 2007. Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- [7] Fabricio B.S. de Carvalho, “On the use of Power Line Communications to Transmit the Return Channel for Digital Television”, 2006. Universidad Federal de Campina Grande Tavel, P. 2007. *Modeling and Simulation Design*. AK Peters Ltd., Natick, MA.
- [8] Mauro Margallo. “Canal de Retorno com Interatividade Condicionada por Mecanismo de Sinalização Contínua e Provisionamento de Banda Orientado a QoS”, 2006. Universidade Federal do Pará
- [9] Anna Verónica. “Uso de redes Mesh como solução para o canal de retorno da Tv Digital Interactiva”, 2007. Universidade Federal Fluminense.
- [10] ABNT NBR 15606-2, Digital terrestrial television – Data coding and transmission specification for digital broadcasting – Part 2: Ginga-NCL for fixed and mobile receivers – XML application language for application coding. Disponible en internet en: [http://www.dtv.org.br/download/en-en/ABNTNBR15606\\_2D2\\_2007Ing\\_2008Vc2\\_2009.pdf](http://www.dtv.org.br/download/en-en/ABNTNBR15606_2D2_2007Ing_2008Vc2_2009.pdf), último acceso: abril 2010.
- [11] Tutorial sobre la interface de conexión para base de datos en Lua. <http://www.keplerproject.org/luasql/>, último acceso mayo 2010.
- [12] Diego Nehab. Tutorial LuaSocket. Disponible en internet en: <http://w3.impa.br/~diego/software/luasocket/>, último acceso junio 2010.
- [13] Francisco. Tutorial de NCLua. Disponible en internet en: [http://www.telemidia.puc-rio.br/~francisco/nclua/tutorial/exemplo\\_05.html](http://www.telemidia.puc-rio.br/~francisco/nclua/tutorial/exemplo_05.html), último acceso junio 2010.